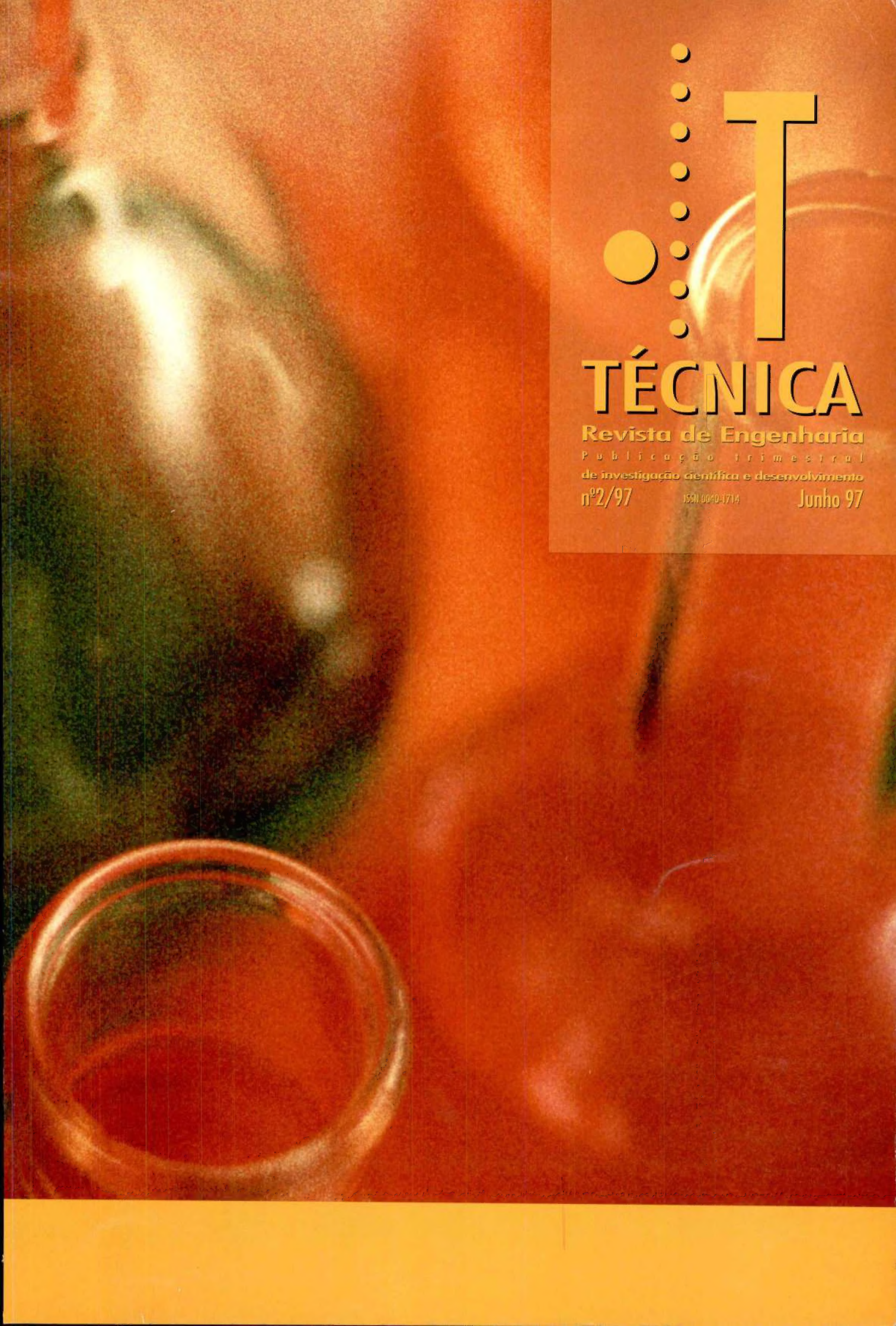


TÉCNICA

Revista de Engenharia

Publicação trimestral de investigação científica e desenvolvimento

nº2/97 ISSN 0040-1714 Junho 97

GRÁFICA MAIADOURO, S.A.

35 anos a imprimir qualidade

profissionais qualificados

formação técnica

equipamento necessario

controlando todos os processos de produção

fazer grandes trabalhos em pouco tempo

estamos sempre na linha da frente

Apoiamo-nos numa equipa de profissionais qualificados com a adequada experiência e formação técnica.

Possuimos todo o equipamento necessário e amplas instalações que nos permite fazer grandes trabalhos em pouco tempo.

Livros e revistas, reproduções de obras de arte, catálogos, desdobráveis e cartazes, são a nossa actividade principal.

Estamos sempre na linha da frente das Artes Gráficas em Portugal, controlando todos os processos de produção com rigor e conhecimento dos grandes mestres.

A assinatura da Gráfica Maiadouro é a melhor garantia de um trabalho perfeito.

SEDE
Rua Padre Luís Campos, 686 – VERMOIM – Ap. 1006 – 4471 MAIA Codex
Telef. (02) 943 97 10 • Fax: (02) 943 97 18

DELEGAÇÃO
Avenida Elias Garcia, 162 – 2.º Esq. – 1050 LISBOA
Telef. (01) 799 41 20 • Fax: (01) 796 92 79

índice

Editorial 3

ARTIGO CONVIDADO

The selection of chemical elements by biological systems – some thermodynamic and kinetic aspects: J.J.R. Fraústo da Silva 5

COMUNICAÇÕES CIENTÍFICAS

Comportamento dos grupos estratégicos de qualidade face a variáveis determinantes na indústria de alojamento turístico na costa de Lisboa: Maria Manuela Sarmento Coelho 17

Conceito de ajustagem para centragem de componentes ópticos: José M.G. Carvalho Ferreira, Silvestre Dias Antunes, Günter Höhne, Rainer Nönnig, João Luiz da Costa Gouvêa 29

Fire risk in historic buildings: José Gonçalves 37

Para que servem os métodos de aceleração de convergência: Mário M. Graça 53

Predicted airflow from solar air-collectors at Crato school building case study: Paulo R. Pinto, A. Canha de Piedade 59

FICHA TÉCNICA:

TÉCNICA, Revista de Engenharia
Publicação trimestral - p.v.p. 600$00
distribuição gratuita aos sócios da AEIST e aos docentes do IST
ISSN 0040-1714
Depósito legal 85 962/95
Registo de Imprensa 101407

Propriedade
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, P – 1000 Lisboa, Portugal
Contrib. N.º 501 055 606

Administração, Serviços Comerciais e Assinaturas
Av. Rovisco Pais, P - 1000 Lisboa, Portugal
Telef: 351-1-848 10 18/841 74 10
Fax: 351-1-847 40 14/849 92 47
Correio Electrónico – aeistdoc © eta.ist.utl.pl

Direcção
Director Científico: Manuel Abreu Faro
Director Executivo: Nuno Catarino
Vogal: João Silva
Secretariado e Produção: Paula Carvalho

Concepção Gráfica
Traça Design
Praça da Alegria, 6 - 2.º Esq. – 1200 Lisboa
Telef: (01) 343 13 21
Fax: (01) 343 13 24

Publicidade
Dossier Comunicação e Imagens, Lda.
R. Eça de Queirós, 18 – 2.º Lisboa
Telef: (01) 355 92 94/5 – 353 73 21
Fax / Telef: (01) 353 73 16

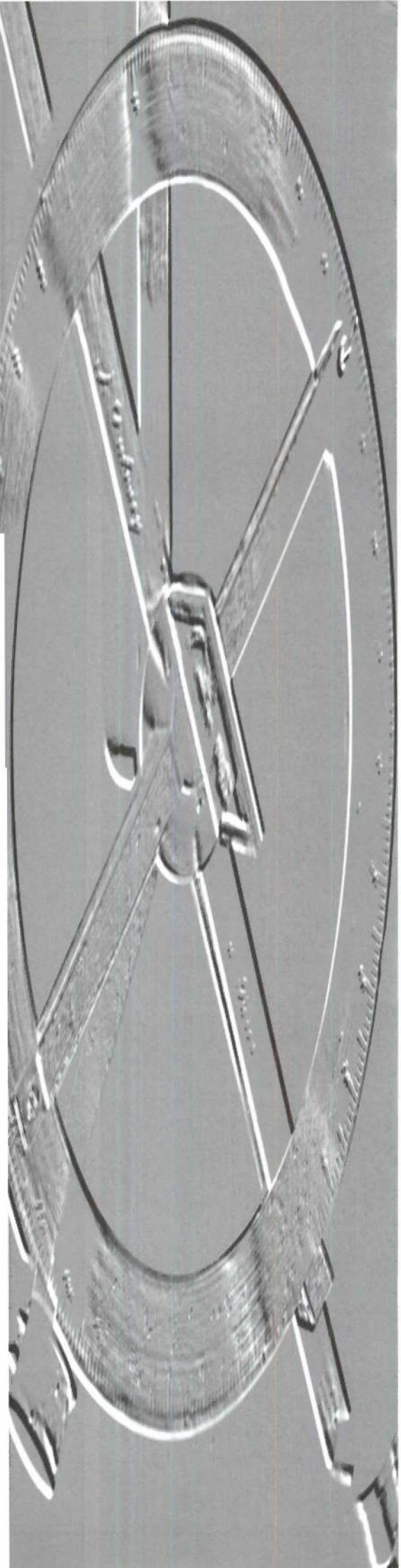
Execução Gráfica
Gráfica Maiadouro, S.A.
VERMOIM – 4470 Maia
Telef. (02) 943 97 10
Fax: (02) 943 97 18
Delegação em Lisboa
Telef. (01) 799 41 20
Fax: (01) 796 92 79
Tiragem: 5000 ex.

Apoio
Conselho Directivo do Instituto Superior Técnico

TÉCNICA
Revista de Engenharia
Publicação trimestral
de investigação científica e desenvolvimento

Aqui poderia estar um anúncio seu.

Para mais informações contacte-nos pelos telefs.: (01) 355 92 94/5 - 353 73 21 – Fax/Telef.: (01) 353 73 16
ou escreva-nos para: DOSSIER, comunicação e imagem, Lda., R. Eça de Queirós, 18-2.° – 1000 LISBOA



EDITORIAL

Em 1996
Apenas se publicaram três números.
Um com carácter comemorativo: os 20 anos do I.S.T.
Em 1997
É quase certo que também será assim
No entanto...
O interesse que os alunos manifestam, procurando a Técnica,
a projecção que a Revista
tem
no exterior,
e que é excelente,
tudo isso nos agrada
mas
também
constroi perplexidade e alguma pena.
Que exercício mais nobre
haverá
na Ciência, na Técnica, na Didáctica
do que publicar numa revista da Escola
e incitar
os alunos
a publicar.
Conjugação, útil para qualquer,
de saber, iniciativa, responsabilidade.

aeist

Associação dos Estudantes do
Instituto Superior Técnico

Secção de Folhas

Somos especialistas em fotocópias de qualidade!

Fotocópias a cores e a preto.

Encadernações e plastificações.

Impressão rápida e entrega imediata.

Temos os melhores preços do mercado!

Contacte-nos!

Av. Rovisco Pais
1000 Lisboa

Tel.: 848 08 80
Fax: 848 40 14

THE SELECTION OF CHEMICAL ELEMENTS BY BIOLOGICAL SYSTEMS – SOME THERMODYNAMIC AND KINETIC ASPECTS

J.J.R. Fraústo da Silva
Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico

ABSTRACT

The present paper is a reflexion on the underlying criteria that preside to the selection of chemical elements for specific functions in living organisms, and a brief review of the physical-chemical principles on which their uptake from the environment, transport and trapping is based. As shown, not only thermodynamic but kinetic and feed-back control conditions must be fulfilled, so that life chemistry can not be regarded simply as a multiple set of reactions tending to a state of equilibrium with the environment (which would mean death), but as a dynamic process of continuous interactions of living species with the environment, whereby the environment is changed and the changes are reflected back in the chemistry of the living species themselves.

SUMÁRIO

O presente artigo constitui uma reflexão sobre os critérios subjacentes à selecção dos elementos químicos para funções específicas nos organismos vivos, e uma revisão breve dos princípios físico-químicos nos quais se baseia a sua captura do ambiente, transporte e fixação interna. Tal como se descreve, há que satisfazer condições termodinâmicas, cinéticas e de controle retroactivo, e portanto a vida não pode ser olhada simplesmente como um conjunto de reacções tendendo para um estado estável de equilíbrio com o ambiente (o que equivaleria à morte), mas

1. Biological elements and their functions

The majority of present day living organisms require rather strict environmental conditions: temperature from 0 to about 40°C, pressure of the order of 1 atm, salinity up to about 4%, pH in the range 4 to 9, redox potential in the region of stability of water (-0.4V to +0.8V at pH 7, *vs.* the standard H^+/H_2 electrode), water activity between 0.7 and 1, etc. A few exceptions, especially the so-called extremophiles, confirm these general conditions – see Table I.

Table I
Minimum and maximum values of environmental factors of present day life

Factor	Lower limit	Upper limit
Temperature	-18°C (fungi, bacteria)	+110°C (sulphate reducing bacteria under 1000 atm hydrostatic pressure)
Redox potential	-450 mV at pH 9.5 (sulphate reducing bacteria)	+850 mV at pH 3 (iron bacteria)
pH	O (Acontium velatum, fungus D, Thiobacilus thiooxidans)	13 (Plectonema nostocorum)
Hydrostatic pressure	Essentially zero	1400 atm (deep-sea bacteria)
Salinity	Double distilled water (heterothropic bacteria)	Saturated brines (Dunaliella, halophyllic bacteria, etc.)
Water activity	0.65-0.70 (Aspergillus glaucus)	Essentially 1

Source: J.R. Valentyne in G. Mamikunian and M.H. Brigs (eds), 'Current aspects of exobiology', Pergamon Press, London 1965, pp. 1-12. See also M.T. Madigan and B.L. Marrs: Scientific American, April 1997, pp. 66-71.

The required environmental conditions have their counterpart in the necessity of an equally strict internal regulation of processes, and this means *time* and *space* organisation of the biological molecules and of their reactions. Such is the scope of the chemistry of life but, differently from the classical tradition, we regard it as the interplay of not only a set of small and of very large organic molecules, but of these and a group of about 25 chemical elements, free as ions or combined, organised in the biological space and time. These elements, considered as "essential" for animal or vegetal life, are identified in *Figure 1*, the Periodic Table of the Elements, and a first conclusion is immediate: that the elements essential for life are the lighter elements, metals and non-metals of atomic number less than 35. Amongst

required elements only molybdenum, tungsten, iodine and tin have higher atomic numbers and none of these seems to be generally required by *all* living species.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U												

○ Bulk biological elements
□ Trace elements believed to be essential for bacteria, plants and animals
⬚ Possible essential trace elements for some species

Fig. 1 The essential elements in life.

On the other hand, the biological elements seem to have been selected from practically all groups and sub-groups of the Periodic Table (the only exceptions are groups 3 and 4, besides that of the inert gases) and this means that practically all kinds of element properties are associated with life processes, within the limits imposed by external constraints. The reason for the selection of these elements appears to have been determined by abundance in the earth's crust and availability (solubility) in water under primitive anaerobic conditions.

Before showing how can these element properties be put to use and eventually adapted and perfected by evolution, we must recall that oxygen and hydrogen are, to a large extent, combined with each other in the form of water, and that most life chemistry takes place in aqueous media. This fact implies that, in general, only processes compatible with the presence of this solvent are possible, restricting the utilisable range of redox potentials, pH and temperature.

Bulk metals or alloys, for instance, cannot be used by biological systems since they are not stable in water, and processes depending on metallic electronic conduction which might be valuable, e.g. to send messages, must be carried out by other chemical agents or systems.

The same can be said for temperature constraints, hence the high energy requiring operations of industry used to obtain products that biological systems also need, e.g. NH_3 from N_2, must be carried at normal physiological temperatures and this is only possible by using extremely sophysticated catalytical processes developped over thousands of millions of years.

As to the functions that the various chemical elements can play in biology, depending on their properties eventually modulated and adjusted by specific combinations or situations, the following list of well known examples gives an idea of the extension of the involvement:

a. Biological molecules are covalent compounds of the bulk elements (carbon, hydrogen, oxygen and nitrogen), sometimes with sulphur or phosphate groups and in a few cases with some minor elements, e.g. selenium (in glutathione peroxidase) or iodine (in thyroid hormones).

b. The hard structures of biology – bone, teeth, shells, etc. – are largely mineral, containing silica or calcium salts.

c. The release of oxygen from water, that maintains our present atmosphere, is absolutely dependent on manganese (component of an O_2 – evolving enzyme).

d. Oxidative metabolism is dependent on iron and copper catalysts.

como um processo dinâmico e contínuo de interacção dos organismos vivos com o ambiente, através do qual este sofre alterações e as alterações se repercutem na química interna dos próprios organismos vivos.

e. The capture of nitrogen from nitrate or dinitrogen relies totally on molybdenum containing catalyst centres.

f. The synthesis of DNA and RNA and the activation of water in condensation and hydrolysis reactions, e.g. in digestion, depend on the intervention of more than 200 zinc enzymes (DNA synthesis also requires either cobalt or iron in ribonucleotide reductase).

g. Phosphate transfer, essential in bioenergetics, is almost invariably linked with magnesium activation.

h. The capture of light in photosynthesis also depends on a magnesium pigment, chlorophyll.

i. Electrolytic connection in cells and between cells, e.g. nerve messages, rests largely on the movements of sodium, potassium and calcium.

j. Mechanical changes in cells are initiated by calcium fluxes and the same is true for triggering in digestion, blood-clotting, fertilization, muscle contraction, cell-surface interactions, etc.

l. Transport of oxygen requires iron or copper proteins, etc. etc....

These are just a few illustrative cases and many more could be presented, but they are enough to show that a wide range of functions is covered – structural and mechanical functions, electrochemical control, acid-base and redox catalysis, generation, transmission and storage of energy, transmission of messages and triggering effects, reproduction, etc.

Furthermore, one can identify some specialisation in these various functions: iron and copper are associated with oxidation and electron-transfer, zinc with the metabolism of water, molybdenum with the metabolism of nitrogen, calcium with triggering and other mechanical effects, sodium and potassium with electrolytic conduction, etc.

Such specialised roles are related to the properties of the corresponding elements, but there are also special reasons for some individual preferences. Copper, for instance, could, in principle, replace zinc in hydrolytic reactions since it is as good a Lewis-acid as zinc is, but there may be some risks in its utilisation due to its easy variation of oxidation state and to the eventual formation of free-radicals.

Although the list of examples given stresses the role of the metals, several non-metals are also essential for life, besides those involved in the organic biological molecules, i.e. C, H, N, O, S and phosphate groups. That is the case of silicon, with structural functions; selenium, involved in some redox reactions; chlorine (as Cl^-), involved in electrolytic conduction; iodine, covalently bound in thyroid hormones; and boron, with a limited role in certain higher plants. Still, it may be considered that the non-metals are more in the realm of classical biochemistry, even if this distinction is rather artificial, and in the present paper we will concentrate mostly on metal ions, particularly on the processes used by biological systems to select some that are assential and reject others that are unnecessary or toxic.

2. THE UPTAKE AND PARTITION OF THE BIOLOGICAL ELEMENTS

We shall now examine how biological systems can take up and distribute the elements they need for their metabolic functions. This will require us to discuss in somewhat greater detail the mechanisms used to achieve selectivity and the physico-chemical basis of the competition of the elements for biological molecular or solid structures.

We will be concerned with the mechanisms operating at cell level and leave aside the details related to the environmental conditions. For all that matters,

we will consider the elements in aqueous solution, in a state determined by the pH and the redox potential (high). There might be certain ligands L_1 present and the elements M considered may be partly complexed as shown in Figure 2.

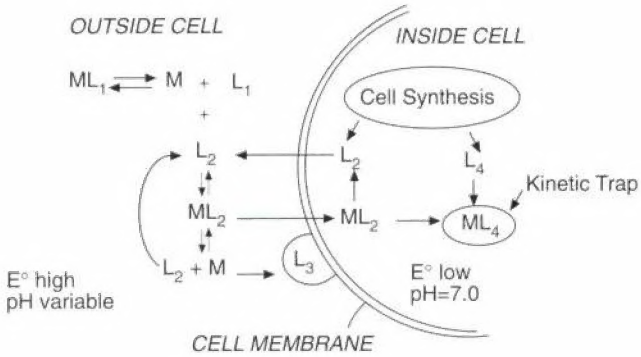


Fig. 2 Ligands L_2,L_3, and L_4 are synthesized by the cell. Ligand L_1 represents extracellular complexes.

This Figure shows, in general terms, the parameters that must be taken into account in both uptake and control of intracellular concentrations of trace metals.

The free external concentration of M is determined by abundance, availability and the environmental factors pH, E, and the stability constants for any ML_1 complexes. The internal concentration is determined by:

a. The complexation by selective carrier ligands L_2.
b. The capture by ligands L_3 at the cell surface that can remove M from solution.
c. Diffusion through selective channels due to concentration gradients established accross the external membrane of the cell by passive, assisted or active (energy-coupled) processes.
d. Binding to internal polymers from which exchange of metal is very slow.

Hence, uptake is controled by metabolic activity, that is responsible for the synthesis of L_2, L_3 and L_4 and for energy-coupled processes requiring investment of cellular-energy, which are all time-dependent phenomena.

Clearly, one must consider not only equilibrium thermodynamic parameters related to metal ligand-binding, but rates of input from the environment, rates of transport accross cell membranes, rates for inclusion in cellular traps L_4 and even rates of eventual exit from the cell. The selection of elements (and their rejection) are therefore complex processes whose mechanisms involve not only equilibrium thermodynamics but also reaction kinetics, which must be considered together.

With the exception of studies on the transport of iron into microbial cells and on the transport of alkali and alkaline earth-metals such as Na^+, K^+ and Ca^{2+}, there in still very little basic understanding of the processes involved in the cellular uptake of essential metal ions, such as Cu^{2+}, Ni^{2+}, or Cr^{3+}. This area has been rather neglected in biochemistry and, consequently, we do not understand well several important problems of present concern, e.g. anomalous reasons for nutrition deficiencies or the regulation of concentrations of transition metals below toxic levels in polution situations. Our theories have been built on the assumption that the intracellular compartments are in equilibrium with the cell environment and until recently we haven't realized that this is a typical example of a non-equilibrium process.

Before considering the components of this process it is useful to explore further the most common device that biological systems use to divide space and separate different phases: the biological membranes.

Indeed, biological membranes are outstandingly important but not very well known systems: not only they divide space but they determine mobility in and accross themselves and can incorporate a number of energy using systems that can move elements from one compartment to another either as simple ions, small chelates, protein complexes or even crystallites. On the other hand, membranes are tri-dimensional assymetric bodies, including in this assymetry the distribution of their component systems.

The energy using systems are proteins which act as pumps fixed in the membrane or whereby the membrane can invaginate into the cell to form a new vesicle or coalesce with an internal membrane to discharge the contents into a existing compartment. Hence they not only separate compartments but they can also regulate the trafic of biological substances – ions, ligands or complexes – between compartments.

These compartments may have different conditions, namely pH and redox potential, hence the situation of those biological substances may be changed in the process, i.e. they will be *energised* relatively to a certain reference state. For instance, the state of a ligand carrying two thiol groups can be $(-SH)_2$, $(-S)_2$ or -S-S- depending on the values of pH and redox potential in the compartment into which the ligand is pumped or in which is synthesised in variable amounts by cell metabolism; as an example, free thiol groups are not stable outside cells since the redox potential is high. Similarly, some metal complexes dissociate in compartments where pH is too low.

These observations point to the logical deduction that the distribution and localisation of the various elements in biological systems is necessarily assymetric, even at the cell level. We will come to this aspect later.

Before proceeding it is useful to stress that the access of charged species to cells is limited by their hydrophyllic character since membranes are hydrophobic. Neutral molecules, e.g. H_2O, CO_2, N_2, NH_3, O_2, $B(OH)_3$ or $Si(OH)_4$ diffuse freely through membranes and the problem here is to prevent back diffusion. Obviously, these molecules or their elements must be trapped inside cells by various means, usually by redox-reactions followed by condensation of the products with internal molecules, forming thermodynamically labile but kinetically stable bonds (covalent).

Ionic species, e.g. metal ions, must be dealt with by different process which must depend on the individual properties of such species.

The first aspect to consider is the *real* binding of these species to various ligands, which is related to the binding constant $K_{(aq.)}$ in any one compartment. Since the process is open to competition and most biological ligands are involved in acid-base equilibrium, the constants to be considered are the so-called "effective" or "conditional" stability constants. Even so, these effective constants are just a first approximation since the biological ligands of interest are in many cases rather complicated polymers, e.g. proteins, for which the necessary metal-complex stability constants are not known in real situations. The values used for $K_{(aq.)}$ are for single "model-compounds", usually small organic molecules containing an equivalent set of donor atoms and desirably, as much as possible, in a geometry equivalent to that of the site of the natural ligands. This site is usually distorted and the energetics of the real situation are different from those of the "model", hence the $K_{(aq.)}$ values are sometimes rather rough approximations. On the other hand, the proteins are large and flexible molecules that fold in different ways on complexing a metal ion or a complex, originating several new internal interactions among which those of the metal ion with the second and third coordination spheres. This effect may originate considerable differences in stability reaching several orders of magnitude, see later, With these restrictions in mind we can

now examine the various factors that affect the selective uptake of elements by the biological systems.

3. UPTAKE OF METAL IONS AT EQUILIBRIUM

The examination of the different properties on which selective uptake can be based may start with the inspection of the tendencies and trends exhibited by metal ions as regards the formation of complexes, influencing the values of $K_{(aq.)}$. Some general characteristics are shown in Tables II to IV.

Table II
Some general characteristics of metal ions present in biological systems

Characteristics	Na^+,K^+	Mg^{2+},Ca^{2+}	Zn^{2+},Ni^{2+}	Fe,Cu,Co,Mo,Mn
Stability of the complexes	Very low	Low or medium	High	High, but not so much in the cases of Mn^{2+} and Fe^{2+}
Preferred donor atoms	Oxygen	Oxygen	Sulphur (or nitrogen)	Nitrogen of sulphur (and oxygen in the case of Fe^{3+} and Mn^{3+})
Predominant oxidation state	+1	+2	+2	More than one state
Mobility in biological media	Very mobile	Semi-mobile	Static	Static (semi-mobile in the cases of Mn^{2+} and Fe^{2+})

Table III
Ligands preferred by different metal ions in simple coordination compounds

Metal ion	Ligands
Na^+,K^+	Oxygenated ligands, neutral or of low charge (-1)
Mg^{2+}	Carboxylate, phosphate and polyphosphate
Ca^{2+}	Carboxylate, phosphate (less than Mg^{2+}), neutral 0-donors
Mn^{2+}	Carboxylate, phosphate (nitrogen)
Fe^{2+}	Thiolate (e.g. cysteine), unsat. amines (particularly porphyrines)
Cr^{3+},Mn^{3+}	Phenolate, (e.g. tyrosine), hydroxamate, hydroxide.
Fe^{3+},Co^{3+}	carboxylate, porphyrins, polyrroles
Cu^+,Ni^{2+}	Thiolate (e.g. cysteine), unsat amines, polypyrroles
Cu^{2+}	Amines, imidazole, ionised peptide, thiolate
Zn^{2+}	Amines, imidazole, thiolate

Table IV
Preferred geometries in simple coordination compounds (*)

Metal ion	Preferred geometries
Cu^{2+},Mn^{3+}	Tetragonal > 5 – coordination > tetrahedral
Ni^{2+}	Octahedral > others
Co^{2+}	Octahedral ≥ tetrahedral > others
Zn^{2+}	Tetrahedral ≥ octahedral > 5 – coordination
Mn^{2+}	Octahedral > others
Fe^{3+},Co^{3+},Cr^{3+}	Octahedral > others

(*) N.B. all metal ions are in high-spin states and liganging atoms are smal O,N donors.

On the other hand, the stability of the complexes formed by the different types of ions follows sequences which are, to a large extent, independent of the ligand.

For the common biological monovalent ions the binding constants follow the order $Cu^+ > Na^+$, K^+ and for the divalent ions one has the so called Irving – Williams or "natural" stability order: (Mg^{2+}), $Ca^{2+} < Mn^{2+} < Fe^{2+} < Co^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+} > Zn^{2+}$. Few stability constants are available for trivalent ions, but, in general, we expect and find the order Co(III) (low-spin) > Mn(III) > Fe(III) > Cr(III) > Al(III).

Naturally, trivalent ions usually form stronger complexes than divalent ions and these form stronger complexes than monovalent ions. Sodium and potassium, particularly, form relatively weak complexes, hence they exchange and diffuse rapidly as simple ions and can only be retained effectively by physical barriers to ionic diffusion, i.e. by membranes between aqueous domains into which these ions must be "pumped" using metabolic energy. For magnesium and calcium, as well as for the transition metals and Groups 11 and 12 it becomes increasingly possible to retain them by binding in polymers (proteins, polysacharides), but their final site often is required to be in a state from which exchange is very slow, i.e. for which the thermodynamic binding strength and/or the kinetic activation energy for escape is made very large, in order that they can be of use as fixed reaction centres. These ions represent a gradation from Group 1 to the non-metals or from electrostatic to covalent binding.

In these general comments we have already stressed two selection factors – charge and ionic size – but others can be equally important, as it is obvious from Tables II to IV: preference for certain donors, preference for a particular coordination symmetry, stabilisation by spin-pairing. Other possibilities include cooperative binding of clusters and changes on going from aqueous solution to the inside of proteins (transfer coefficients).

Naturally, the amount of metal bound to a ligand is proportional to its concentration in the medium ($[ML] \therefore K_{ML}.[M]$), hence relative concentrations of metals and ligands is also a factor that determines uptake.

We will comment briefly on these various factors to show how they are put to use:

a. *Charge* – Charged ligands of smaller size prefer the highly charged class "a" cations and this means that appropriate donors for tri-positive ions are small first row anions such as $>N^-$, RO^- and F^-. Since F^- cannot be combined in an organic group and the concentration of $>N^-$ is small at pH 7, this leaves RO^- (phenolates, hydroxamates, enolates) as the adequate donor for tri-positive metal ions, e.g. Fe^{3+}, Mn^{3+} and probably Cr^{3+}. This is in fact true.

b. *Size* – Since the order of stability for electrostatic binding in that of the ionic potencial, one expects the following orders:

   $Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$

   $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

   Due to stereochemical constraints to the complexation of small ions by polydentate ligands, these orders are seldom found. The inversions can only be explained in terms of energy balances involving the hydration energies of the metals and the ligands and the thermodynamic effects in the complexation reactions, hence no typical pattern is obvious.

   Typical examples of selection by size are those of the bacterial antibiotics nonactin and valinomycin which are used to preferentially capture K^+, and of chlorophyll which takes up Mg^{2+} selecting against Ca^{2+} (although other factors may be involved). We also find many calcium-binding proteins, e.g. calmodulin, parvalbumin, thermolysin, etc. etc, with specific sites for Ca^{2+} (Mg2+ not bound) and some Mg^{2+}–activated enzymes, e.g. phosphomutases, with coordinating sites for Mg^{2+} in which Ca^{2+} binds poorly (although in this case it is not only a matter of size).

The best examples of selection of metal ions based on ionic size alone are probably those of the specific protein channels for Na^+, K^+ and Ca^{2+}, but here no binding is necessary and is indeed undesirable. The mechanism is by diffusion or pumping and it is kinetical rather than thermodynamical.

c. *Type of donor* – As it is well known, A–group metal ions prefer O–donor ligands whereas B–group metal ions prefer to coordinate to sulphur or nitrogen. Furthermore, better donors, which form more covalent bonds, intensify the differences of stability between the complexes of the B–group of metal ions, as shown in Figure 3. This Figure, which illustrates the Irving-Williams' order of stability, shows that the divalent transition metals form complexes that may differ in their thermodynamic stability by several orders of magnitude if the ligand atoms are appropriately chosen. This is why metal ions such as Cu^{2+}, Ni^{2+}, Cd^{2+} are so dangerously toxic when in excess in the biological environment; they will be preferentially complexed rather than other essential metals, e.g. Fe^{2+} or Zn^{2+}.

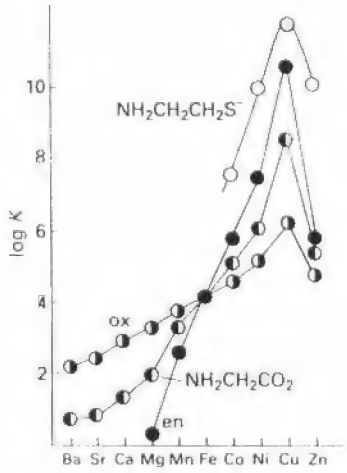


Fig. 3 The variation of stability constants, K, for the complexes of M^{2+} ions of the Irving--Wiliams series, ox, oxalate; en, ethylenediamine.

d. *Preference for coodination symmetry* – It is a well known fact of coordination chemistry that metal ions have stereochemical coordination preferences. For instance Cu^{2+} prefers tetragonal coordination arising from the Jahn-Teller effect; on the contrary, Zn^{2+} has a demand for tetrahedral geometries found in most biological zinc sites, e.g. in carbonic anhydrase and alcohol dehydrogenase. Another case of different stereochemical preferences is that of the pair Mn^{3+} and Fe^{3+}; the first ion prefers tetragonal sites and the second prefers tetrahedral sites.

By combining stereochemical preferences and types of ligands we can build a Table of selectivity in which the favoured sites become obvious – Table V – and several examples of these are found in biological molecules such as the blue-green Cu^{2+}/Zn^{2+}, the red Mn^{3+} and the yellow Fe^{3+} superoxide dismutases.

Table V

Table of selectivity for Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{3+} and Fe^{3+} (selection by adequate combinatiion of donor atom and geometry of site)

Geometry of site	Donor atom			
	Phenolate RO^-	Ionised peptide > N^-	Thiolate RS^-	Nitrogen N
Tetrahedral	Fe^{3+}	–	Zn^{2+},Fe^{3+}	Zn^{2+}
Tetragonal	Mn^{3+}	Cu^{2+}	–	Cu^{2+}

e. *Spin-pairing stabilisation* – For transition metal ions there is a further possibility to increase selectivity based on the free-energy change caused by spin-pairing in higher ligand-fields. The ions Co^{3+} and Fe^{2+} (both d^6 type) are favoured and we expect and find that strong N/S donors bind $Co^{3+}>Mn^{3+}>Fe^{3+}>Cr^{3+}$ and $Fe^{2+}>Co^{2+}>Mn^{2+}$.

The selection of Fe^{2+} preferably to Cu^{2+} in cytochromes and of Co^{3+} for vitamin B_{12} in the presence of the other transition metal ions may be, at least partly, based on this effect.

f. *Cooperative binding – uptake of clusters*

The binding of metallic elements to proteins could develop in a further way; in their higher oxidation states the hydrolysis of ions at pH 7 is quite extensive and some low molecular mass species of hydrolised species will be present in biological environments, e. g. surface waters.

Inside cells (and also outside cells in the early history of life) sulphide radicals are also present and can react in exactly the same way as hydroxide radicals to give polysulphide units.

We therefore predict and find polymeric clusters bound to proteins, such as Fe_2O^{4+} (O^{2-} bridge) in hemerythrin, Fe_4S_4 (S^{2-} bridges) and other Fe/S species in ferredoxins.

The binding of groups of metal ions is opposed by entropic considerations, but the unfavourable term in the association is greatly reduced if the anionic centres are already built into a pre-former, such as a protein, and it is further decreased if the protein folds in the adequate conformation for the uptake of the cluster. Different folds can favour different clusters, e.g. Fe_4S_4 or Fe_3S_3.

g. *Transfer from aqueous media to proteins*

We have already comented on the possible changes on binding a metal or metal complex by a protein relatively to the same species in aqueous media.

The results cannot be anticipated theorically, but the examination of Table VI shows the kind of effects that have been observed.

Table VI
Complexes or iron porphyrin IX with proteins

protein	binding	E^0/mV
myoglobin (haemoglobin)	His or His, H_2O	>+100
cytochrome b_5	His, His	0
cytochrome b_{563}	His, Met	<+100
peroxidase	His or His, H_2O	-200
catalase	Tyr or Tyr, H_2O	-500

As it can be seen, the range of redox potentials on binding the haem by proteins in different ways is more than 700 mV. Even without change of ligands, e.g. in the cases of peroxidase and myoglobin, the protein fold can distinguish Fe(II) from Fe(III) by a differential factor of 10^5.

Similar results could be given for the series of iron/sulphur proteins in which differences in charge or even structure are amplified by the folding energy which, therefore, becomes also a selecting factor.

An example helps to understand how the several factors operate to ensure the right distribution of required elements: that of blood plasma, where the metal ions are removed one by one by powerful ligands so as to avoid mutual interferences. Table VII summarizes the main conditions and the basis of selectivity.

TECNICA, n.º 2 JUN. 97

TABLE VII
Carriers in blood plasma

Metal ion	Free M	Carrier	Basis of selectivity
Iron (and manganese)	10^{-10}	Transferrin	Phenolates bind M^{3+}
Copper	10^{-10}	An albumin	Ionised peptide $>N^-$ binds Cu^{2+}
Zinc	10^{-6}	An albumin	N/S donors in tetrahedral geometry bind Zn^{2+}
Cobalt (as vitamin B_{12})	10^{-10}	Carrier protein	The B_{12} side chains are recognised
Calcium	10^{-3}	Phosphoproteins (when needed)	Weak binding for most metals
Magnesium, Sodium, Potassium,(Calcium)	10^{-3}-10^{-1}	None	Freely circulating as ions

Thus, copper is removed first by albumin containing one or two ionised peptide bonds ($>N^-$) after complexation; although abundance is low, the geometry of the site (tetragonal) and the strength of the bond strongly favours copper relatively to zinc (the selectivity ratio can be as high as 10^4). Iron is oxidised and the blood-protein transferrin picks-up Fe(III) using phenolate binding groups. Zinc can then be complexed by an albumin with three or 4 nitrogen-donors in a tetrahedral geometry. Manganese may be transported by transferrin (same site as Fe(III) but weaker bonds) and cobalt by cobalmin (vitamin B12). Sodium, potassium, magnesium and, to some extent, calcium are left free in the blood solution, but if extra calcium is necessary the solubility products of its carbonate or phosphate may be exceeded, hence there also is a special calcium carrier protein with phosphorylated side chains, generated under hormone control, that can transport this metal ion while maintaining the free Ca^{2+} concentration at a sufficient low level. If all transition metals had not been removed first, these would bind strongly to the calcium sites and the process would be impossible.

4. KINETIC EFFECTS

Although exceedingly important, equilibrium binding effects are not the unique factors to be considered as determinants of the uptake of metal ions and their selection by biological systems.

As mentioned before, kinetic considerations may restrict or favour the distribution of different elements into different cells and cell compartments. In general terms the following rates of various processes must be considered:

a. In-flow of M to the environment of a cell, that may be assisted by certain ligands, e.g. siderophores for Fe^{3+}
b. Out-flow of M from the environment of a cell, that may be assisted by other ligands, e.g. metallothionein to remove Cd^{2+}
c. Rates of transfer *in* and *out* of cells involving formation of metal complexes and diffusion through membranes, pores and gates, which can be energy coupled.
d. Rates of (irreversible) binding of M by final sites, which can be assisted by insertion catalysts, e.g. the insertion of Mg^{2+} in the chlorin ring of chlorophyll.

The actual capture of M by a cell is no longer a thermodynamic problem as is frequently assumed to be. Rather we see it inserted in a steady state process in which uptake and rejection of wanted and unwanted elements must be considered simultaneously.

The same can be said for the non-metals; their trapping must depend on membrane restrictions, thermodynamic effects and kinetics of several energy requiring reactions. Substances such as O_2, N_2, CO_2 or the ions SO_4^{2-}, NO_3^- SeO_4^{2-}, MoO_4^{2-} need to be activated and usually reduced before they can be bound into small covalent molecule intermediates, which may subsequently react or polymerise. Compounds such as $Si(OH)_4$ and $B(OH)_3$ are readly trapped by binding, probably to specific polysacharides. The remainning anionic species, e.g. F^-, Cl^-, and HPO_4^{2-}, that cannot be oxidised or reduced are retained by membranes and controled by energised pumping in much the same way as Na^+ or Ca^{2+}. To phosphorus there is also left the possibility of condensation, forming one or two inevitably energived covalent bonds, e.g. R-OPO_3^{2-}, ATP, etc. It is clear, therefore, that the non-metal biological traps are based on kinetic stability to oxidation and hydrolysis, not on thermodynamic stability.

Table VIII summarizes the situation concerning the use of thermodynamical and kinetical traps to capture and retain the various biological elements.

TABLE VIII
Traps for different biological elements

Element	Trap
Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^- ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, SO_4^{2-})	Physical retention of ions by membranes (fast chemical exchange)
Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Mo, Si, B Fe^{3+}, Mn^{3+}	Thermodynamically and kinetically stable binding to polymers (proteins and polysacharides)
Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Mg^{2+}	Thermodynamic and kinetic traps in small chelates, e.g. polypyrroles, bound to proteins
H,C,N,O,P,S,Se,I,Br	Kinetic retention in thermodinamically unstable small or large molecules by covalent bonds
Si,Ca,P,C,S,F	Precipitates (biominerals)

5. CONCLUSION

The above description of the selection of the chemical elements by living systems is based on present-day abundances and availabilities from the external environment. These availabilities, however, have changed dramatically from the earliest times to the present day partly due to the selections that life itself has made. It is appropriate to recall here that the evolution of an organism able to use light to decompose water generated dioxygen and this substance not only changed the availability of carbon, nitrogen and sulphur but also altered that of the many metals, (e.g. iron, zinc and copper) and other non-metals.

Life has, therefore, changed the atmosphere and the surface of the Earth, hence the composition of rivers, lakes, oceans and the local distribution of many elements in soils. Present availabilities are a reflexion of life's evolving steady state.

It is, then, to be expected that some types of early evolution will be found today only in residual ecological niches and these will nicely illustrate the theme of selection related to function.

A good example would appear to be the association of nickel with $CH_4/CO_2/H_2$ chemistry in the archae-bacteria. Vanadium too has peculiar functions in a few ancient species: tunicates, toadstools (Amanita), brown and red algar, a lichen and a fan-worm.

Evolution led to the replacement of these metals by more effective "modern" combinations, but was this the result of chance or of necessity due to pro-

gressive difficulties in obtaining the required elements whose availability was overtaken by others? The recent discovery of a vanadium nitrogenase gene that becomes expressed in conditions of molybdenum deficiency is symptomatic, but we must also ask why nitrogen fixation is restricted to certain bacteria.

Evolution in general has led to the specialisation of most elements, particularly the metals, to optimise their functional value. A particular opportunity for new functions arose with organization and specialisation of cell compartments and cell types and proceeded as far as to separation among diferent species. Boron, for instance, which is essential for certain plants, appears to be totally absent in animals and the same happens, of course, with complex species such as magnesium chlorophyll.

Evolution is then a many arrowed process driven by optimum functionality as determined by the diversity of the environment and by the evolved diversity of needs. Expressed in a different way, Life chemistry can not be regarded as a permanent set of reactions tending to a stable state of equilibrium with the environment, but as a dynamic process of continuous interaction of living species with the environment whereby the environment itself is changed and the changes are reflected back into the chemistry of the living species. Where we have living organisms there is a non-equilibrium situation at work, and therefore a kinetic approach to the selection of the elements is often more meaningful than a purely thermodynamic one. This point is frequently missed in studies e.g. of environmental polution, in which great efforts are put into monitoring concentrations of toxic substances without appreciating that the rates at which these penetrate cells or are rejected by cells are of overwhelming or indeed predominant importance.

REFERENCES

1 Fraústo da Silva, J.J.R. and Williams, R.J.P.: Structure and Bonding **29**, 69-121 (1976)

2 Williams, R.J.P. and Fraústo da Silva, J.J.R. in New Trends in bio-inorganic chamistry", pg. 121-172, Academic Press, N.Y. 1978

3 Williams, R.J.P.: Phil. Trans. R. Soc. London B294, 57 – 74 (1981)

4 Wood, J. M. and Wang, H.K. in Chemical Processes in Lakes", pgs. 81-98 ed. J. Wiley & Sons. N.Y. 1985

5 Fraústo da Silva, J.J.R. – Introdução à Química da Vida, ed. U.N.L., Lisboa, 1985

6 Fraústo da Silva, J.J.R and Williams, R.J.P. – The Biological Chemistry of the Elements" – Clarendon Press, Oxford, 1991, 1993, 1994, 1997.

7 Williams, R.J.P. and Fraústo da Silva, J.J.R. – The Natural Selection of the Chemical Elements – Clarendon Press, Oxford, 1996, 1997.

COMPORTAMENTO DOS GRUPOS ESTRATÉGICOS DE QUALIDADE FACE A VARIÁVEIS DETERMINANTES NA INDÚSTRIA DE ALOJAMENTO TURÍSTICO NA COSTA DE LISBOA

Maria Manuela Sarmento Coelho
Instituto Superior Técnico – Secção Autónoma de Economia e Gestão
Original submetido em: 13 de Maio de 1996

RESUMO

O presente artigo tem por objectivo, poder contribuir para um melhor conhecimento das estratégias seguidas pelas unidades de alojamento turistico, permitindo às diversas entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade no alojamento turistico intervirem de uma forma próactiva.
Procedeu-se ao estudo da relação dos seis grupos estratégicos de qualidade na Costa de Lisboa com os seguintes conjuntos de variáveis: (1) "desempenho", (2) "entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade" e (3) "estratégias e politicas governamentais no sector do Turismo.

1. INTRODUÇÃO

Os gestores das unidades de alojamento turístico actuam de forma diferente face às seguintes variáveis, consideradas importantes para o sucesso da unidade:

1. **Desempenho:**

   1.1 Taxa anual média de ocupação de quartos;
   1.2 Taxa anual média de ocupação de camas.

2. **Entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade:**

   2.1 Governo central;
   2.2 Autarquias e Juntas de turismo;
   2.3 Associações de hóteis e similares;
   2.4 Associações de defesa do consumidor;
   2.5 Outras associações.

3. **Estratégias e políticas governamentais no sector do turismo:**

   3.1 Importância atribuída pelos empresários;
   3.2 Consentâneas com a qualidade.

No artigo sobre *"Estratégia dos Grupos de Qualidade na Indústria do Alojamento Turistico na Costa de Lisboa"* (1996) determinaram-se as estratégias implementadas pelas unidades de alojamento e constatou-se que há seis grupos. Estes grupos associam unidades que na sua gestão valorizam estratégias semelhantes.

No presente trabalho pretende-se analisar a relação entre os grupos estratégicos de qualidade e as variáveis referidas.

Para a realização do objectivo foi necessário realizar um estudo exploratório, que se concretizou através de um inquérito.

2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A população alvo foram as 357 unidades de alojamento turístico da Costa de Lisboa, que estão distribuídas em 26 subsegmentos, que correspondem a 12 segmentos da oferta conforme o quadro n.º 1:

Tipo de alojamento	Categoria	Tipo de alojamento	Categoria	Tipo de alojamento	Categoria
Hotel:	5 estrelas	**Apartamento-Hotel**	4 estrelas	**Estalagem:**	5 estrelas
	4 estrelas		3 estrelas		4 estrelas
	3 estrelas		2 estrelas		
	2 estrelas			**Albergaria:**	4 estrelas
	1 estrela	**Aldeamento Turístico:**	luxo		
			1.ª classe	**Turismo Habitação**	
Motel:	3 estrelas		2.ª classe		
	2 estrelas			**Turismo Rural**	
		Apartamento Turístico:	1.ª classe		
Pensão:	4 estrelas		2.ª classe	**Agroturismo**	
	3 estrelas				
	2 estrelas	**Pousada**			

Quadro n.º 1 – DOZE TIPOS DE OFERTA DE ALOJAMENTO TURÍSTICO
Fonte: Alojamento Turístico – Guia Oficial da D.G.T.

A dimensão da amostra para a Costa de Lisboa é de 54 unidades de alojamento, para o grau de confiança de λ=95% (este calculo foi apresentado no referido artigo na introdução).

Obtivemos 63 respostas válidas o que corresponde a um grau de confiança de λ=96.76%.

No caso vertente, o objectivo central da investigação, é a relação entre os grupos de estratégicos de qualidade, na indústria do alojamento turístico na Costa de Lisboa, e as variáveis determinantes.

Para a análise quantitativa dos dados utilizou-se o programa **"Statistical Programme for Social Sciences" – SPSS versão 6.0,** recorrendo-se à técnica de análise de variância para determinar se os seis grupos são significativamente diferentes no que respeita às variáveis "desempenho", "entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade" e "importância atribuída as estratégias e políticas governamentais".

Neste sentido, testou-se **a igualdade de médias de cada uma das variáveis estratégicas nos 6 grupos,** tendo por base a verificação dos seguintes pressupostos da análise de variância:

1. a população tem uma distribuição normal;
2. os grupos têm igual variância.

Para a **análise da homogeneidade de variância** entre os grupos, testou-se a hipótese nula contra a hipotese alternativa, isto é:

H_0: As variâncias dos grupos são iguais.
H_1: As variâncias dos grupos são diferentes.

e aplicou-se o método de Levene, considerando um grau de confiança λ=95%, ou seja, para um nível de significância de α=5%.

Sempre que o nível de significância de Levene fôr superior ao nível de significância considerado, não há razões para rejeitar a hipótese nula, ou seja, há igualdade de variâncias entre os grupos.

Seguidamente, realizou-se a **análise de igualdade de médias entre** os grupos, considerando a hipótese nula (as médias do grau de importância de

cada factor são iguais nos seis grupos) contra a hipótese alternativa (as médias do grau de importância de cada factor são diferentes nos seis grupos), ou seja:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$
$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$$

Rejeita-se a hipótese nula, sempre que a **probabilidade do teste F** seja inferior ao nível de signifcância de *5%*, o que implica que as médias dos grupos são diferentes. Também se efectuou o teste de comparação múltipla de **médias de Scheffé** por ser mais rigoroso que o teste F. O teste de Scheffé permite identificar os grupos cujas médias sejam estatisticamente diferentes. Os resultados da aplicação da análise de variancia simples One-way são apresentados no quadro n.º 2.

Variável	Levene	Teste F	Prob. F	Teste de Scheffé
DESEMPENHO				
Taxa média anual de ocupação de quartos	0,347	0,5678	0,7242	Não há grupos significativamente diferentes.
Taxa média anual de ocupação de camas	0,251	1,7369	0,1409	Não há grupos significativamente diferentes.
ENTIDADES QUE PODEM AJUDAR A MELHORAR O SERVIÇO DE QUALIDADE				
Governo Central	0,277	4,9524	0,0008	O grupo 3 é significativamente diferente dos grupos 4 e 5
Autarquias e Juntas de Turismo	0,066	3,3886	0,0098	O grupo 3 é significativamente diferente dos grupos 2, 5 e 6
Associações de Hoteis e Similares	0,724	1,6809	0,1553	Não há grupos significativamente diferentes
Associações de Defesa do Consumidor	0,450	6,821	0,0001	O grupo 3 é diferente dos grupos 5 e 6
Outras Associações	0,648	2,8628	0,2500	Não há grupos significativamente diferentes
ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS NO SECTOR DO TURISMO				
Importância atribuída às políticas governamentais	0,088	4,5581	0,0015	O grupo 3 difere significativamente do grupo 2
Estratégia do governo consentânea com a qualidade	0,338	1,8166	0,1247	Não há grupos significativamente diferentes

Quadro n.º 2 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA ONEWAY PARA AS VARIÁVEIS DE "DESEMPENHO", "DE ENTIDADES QUE PODEM AJUDAR A MELHORAR O SERVIÇO DE QUALIDADE" E DE "ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS NO SECTOR DO TURISMO".
Fonte: Inquérito de Qualidade à Indústria de Alojamento Turístico na Costa de Lisboa

No quadro n.º 3 constam os valores médios das variáveis "desempenho das unidades", "entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade" e "estratégias e políticas governamentais no sector do turismo" relativamente aos seis grupos.

Variável		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Desempenho							
Taxa anual média de ocupação de quartos		0,5278	0,4106	0,5376	0,4192	0,5106	0,4848
Taxa anual média de ocupação de camas		0,5089	0,3711	0 5536	0,4188	0,5500	0,5405
Entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade (escala de 1 a 5)							
Governo Central		3,2692	2,8333	4,6000	2,7143	2,0000	2,1250
Autarquias e Juntas de Turismo		4,2083	3,1667	4,8000	3,5000	3,2000	3,1429
Associações de hotéis e similares		3,7083	3,5000	4,2000	3,2857	3,0000	2,5714
Associações defesa do consumidor		3,8261	3,1667	4,5000	2,7143	2,0000	2,0000
Outras associações		2,9615	2,6667	3,3000	2,8750	1,8333	1,5714
Estratégias e políticas governamentais no sector do Turismo (escala de 1 a 5)							
Importância atribuída pelos empresários		3,7308	2,5000	4,8889	3,1667	2,8000	3,4286
Consentâneas com a qualidade		3,0800	2,2000	2,6000	2,0000	2,0000	2,8571
N.º de unidades de alojamento (escala de 1 a 5)							
Total	63	26	6	10	8	6	7

Quadro n.º 3 – MÉDIAS DOS GRUPOS ESTRATÉGICOS POR VARIÁVEL DE "DESEMPENHO", DE "ENTIDADES QUE PODEM AJUDAR A MELHORAR A QUALIDADE", E DE "ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS NO SECTOR DO TURISMO"
Fonte: Inquérito de Qualidade à Indústria de Alojamento Turístico na Costa de Lisboa.

4. CONCLUSÕES

No artigo referido no ponto 1 concluíu-se que para um grau de confiança de λ=96,76% é possível agrupar as empresas da Indústria de Alojamento Turístico da Costa de Lisboa com afinidades estratégicas de qualidade, em seis grupos:

- Grupo 1 – Qualidade de tipo médio alto;
- Grupo 2 – Qualidade de tipo baixo;
- Grupo 3 – Qualidade de tipo bom;
- Grupo 4 – Qualidade de tipo excelente;
- Grupo 5 – Qualidade de tipo médio;
- Grupo 6 – Qualidade de tipo médio baixo.

Estes grupos foram confirmados pela análise discriminante e diferenciam-se, nomeadamente, quanto:

- ao processo como efectuam as suas estratégias de gestão;
- ao modo com se posicionam face à concorrência, no âmbito alargado da gestão global;
- à satisfação dos clientes;
- à pesquisa de mercado;
- ao modo como efectuam a publicidade e a promoção dos seus produtos e serviços;
- à forma como gerem a imagem de marca da unidade;
- aos meios que utilizam para controlar e garantir a qualidade dos seus serviços e produtos;
- ao planeamento da qualidade;
- à avaliação dos resultados;
- à dependência das centrais de reserva e dos operadores turísticos;
- à gestão de recursos humanos, com ênfase na responsabilidade, na competência, no conhecimento, na participação, na formação e na satisfação dos recursos humanos.

No quadro n.º 4 apresentam-se as percentagens relativas ao total de unidades do grupo e ao total da amostra.

Alojamento		Unidades	Grupo 1 Qualidade de tipo médio alto		Grupo 2 Qualidade de tipo baixo		Grupo 3 Qualidade de tipo bom		Grupo 4 Qualidade de tipo excelente		Grupo 5 Qualidade de tipo médio		Grupo 6 Qualidade de tipo médio baixo	
Tipo	Sub-tipo	% total	% unid. grupo	% unid. total	% unid. grupo	% unid. total	% unid. grupo	% unid. total	% unid. grupo	% unid. total	% unid. grupo	% unid. total	% unid. grupo	% unid. total
Hotel:	5*	7,94	7,69	40,00			20,00	40,00	12,50	20,00				
	4*	6,35					10,00	25,00	37,50	75,00				
	3*	9,52	15,38	66,67			10,00	16,67			16,67	16,67		
	2*	11,11			33,33	28,57	20,00	28,57	12,50	14,29	33,33	28,57		
	1*													
	Total	**34,92**	**23,08**	**27,27**	**33,33**	**9,09**	**60,00**	**27,27**	**62,50**	**22,73**	**50,00**	**13,64**		
Hotel Apartamento	4*	1,59					10,00	100,00						
	3*	1,59									16,67	100,00		
	2*													
	Total	**3,18**					**10,00**	**50,00**			**16,67**	**50,00**		
Pensão	4*	4,76	3,85	33,33			10,00	33,33	12,50	33,33				
	3*	19,05	30,77	66,77	16,67	8,33							42,86	25,00
	2*	23,81	26,92	46,67	33,33	13,33					33,33	13,33	57,14	26,67
	1*													
	Total	**47,62**	**61,54**	**53,33**	**50,00**	**10,00**	**10,00**	**3,33**	**12,50**	**3,33**	**33,33**	**6,67**	**100,00**	**23,33**
Estalagem	5*													
	4*	3,17	3,85	50,00					12,50	50,00				
	Total	**3,17**	**3,85**	**50,00**					**12,50**	**50,00**				
Albergaria	4*	**1,59**							12,50	100,00				
Pousada		**1,59**					**10,00**	**100,06**						
Apartamento Turístico	1.ª cat													
	2.ª cat	1,59	3,85	100,00										
	Total	**1,59**	**3,85**	**100,00**										
Turist.Habi		**4,76**	**3,85**	**33,33**	**16,67**	**33,33**	**10,00**	**33,33**						
Turíst. Rural		**1,59**	**3,85**	**100,00**										
TOTAL		**100,0**	**100,0**	**41,27**	**100,0**	**9,52**	**100,0**	**15,87**	**100,00**	**12,70**	**100,00**	**9,52**	**100,00**	**11,11**

Quadro n.º 4- PERCENTAGEM DE UNIDADES NOS SEIS GRUPOS E NO TOTAL DA AMOSTRA

Fonte: Inquérito de Qualidade à Indústria de Alojamento Turístico na Costa de Lisboa.

Seguidamente focamos apenas as estratégias de qualidade mais relevantes de cada grupo, que foram quantificadas no referido artigo.

- **Grupo 1 – Qualidade de tipo médio alto**
  É o maior grupo e está distribuído por nove segmentos ou tipos de oferta de alojamento. 41,27% das unidades desta região turística pertencem a este grupo (quadro n.º 4).

  As principais estratégias utilizadas são:

  Pesquisa de mercado, comunicação da qualidade, atenção à gestão dos recursos humanos, gestão por objectivos, garantia de qualidade dos produtos e serviços, satisfação dos clientes e posicionamento em relação à concorrência.

- **Grupo 2 – Qualidade de tipo baixo**
  Está distribuído por três segmentos de oferta e representa 9,52% das unidades da Costa de Lisboa (quadro n.º 4).
  As suas estratégias mais relevantes são:

  Responsabilização, participação dos recursos humanos na gestão e dependência das centrais de reserva e dos operadores turísticos.

- **Grupo 3 – Qualidade de tipo bom**
  Representa 15,87% das unidades da Costa de Lisboa, correspondentes a cinco segmentos de oferta de alojamento. As pousadas e os hotéis apartamento de 4* pertencem na totalidade a este grupo (quadro n.º 4).

As suas estratégias principais são:

Gestão por objectivos, incorporação da qualidade na estratégia global, satisfação dos clientes, posicionamento face à concorrência, controlo e garantia da qualidade, participação dos trabalhadores na gestão e sua responsabilização, formação e treino dos recursos humanos, dependência das centrais de reserva e dos operadores turísticos e competitividade no preço *versus* qualidade dos produtos e serviços.

- **Grupo 4 – Qualidade de tipo excelente**
  Representa 12,7% das unidades da Costa de Lisboa. Este grupo elucida claramente que qualidade não é sinónimo de luxo, pois temos quatro segmentos de oferta: um hotel de 5*, três hotéis de 4*, um hotel de 2*, uma pensão de 4*, uma estalagem de 4* e uma albergaria (quadro n.º 4).

  A orientação estratégica é a seguinte:

  Gestão por objectivos, incorporação da qualidade na estratégia global, satisfação dos clientes, posicionamento face à concorrência, controlo e garantia da qualidade, pesquisa de mercado e sua influência no plano de qualidade, comunicação da qualidade, qualidade como objectivo da gestão, publicidade da imagem de marca da unidade ou da cadeia, fomento da cultura da empresa, dependência das centrais de reserva e dos operadores turísticos.

- **Grupo 5 – Qualidade de tipo médio**
  É composto de três segmentos de oferta. Representa 9,52% das unidades da Costa de Lisboa (quadro n.º 4).

  As suas estratégias mais relevantes são:

  Qualidade como objectivo da gestão, pesquisa de mercado e sua influência no plano de qualidade, comunicação da qualidade, competitividade no preco versus qualidade do produto e serviço.

- **Grupo 6 – Qualidade de tipo médio baixo**
  Este grupo tem uma quota de 11,11% desta região turística, sendo constituido por pensões (quadro n.º 4).

  As estratégias mais importantes são:

  Qualidade como objectivo da gestão, participação dos recursos humanos na gestão e sua responsabilização, formação e treino dos empregados, dependência das centrais de reserva e operadores turísticos.

Seguidamente apresentamos as conclusões da análise de variância que permitiram determinar os grupos que são estatisticamente diferentes relativamente às variáveis "desempenho", "entidades que podem ajudar a melhorar a qualidade" e "estratégias e políticas governamentais no sector do turismo".

1. **Desempenho**

   Constata-se que, embora os grupos não sejam estatisticamente diferentes, há todavia diferenças entre eles, quanto às variáveis:

   1.1 Taxa anual média de ocupação de quartos:

   * o **grupo 2** apresenta o valor mais baixo, ou seja 41,06%;
   * o **grupo 3** apresenta o valor mais alto, ou seja 53,76%.

   1.2 Taxa anual média de ocupação de camas:

   * o **grupo 2** apresenta o valor mais baixo, ou seja 37,11%;
   * o **grupo 3** apresenta o valor mais alto, ou seja 55,36%, muito próximo do grupo 5 com 55,00%.

   Os valores médios são os seguintes:

   * taxa anual média de ocupação de quartos no triénio de 91/93 – 48,18%;

* taxa anual média de ocupação de camas no triénio de 91/93 – 49,05%;

O **grupo 3 – qualidade de tipo bom** – é aquele que apresenta diferenças positivas maiores, em relação aos valores médios dos grupos, para as variáveis de desempenho consideradas.

Este grupo tem cinco tipos de alojamento que oferecem uma qualidade de serviço boa. Para além disso, tem a segunda maior percentagem de integração em cadeias hoteleiras, o que lhe proporciona vantagens competitivas, nomeadamente políticas de comercialização mais agressivas, gestão disciplinada com controlo uniformizado da actividade e redução de custos globais.

O **grupo 4 – qualidade de tipo excelente** – adopta a estratégia de um serviço personalizado e diferenciado, pelo que, em média, as unidades deste grupo necessitam de maior número de efectivos por quarto e, portanto, têm custos mais elevados com o pessoal. Poderia inferir-se que há menor desempenho, contudo, um serviço personalizado implica que o pessoal recrutado tenha maior variedade de especialização.

O **grupo 2 – qualidade de tipo baixo** – apresenta o valor mais baixo de custo anual médio com o pessoal, o que está de acordo com a sua estrutura de tipo familiar.

2. Entidades que podem ajudar a melhorar a qualidade

Os seis grupos apresentam comportamentos diferentes, em relação às variáveis que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade, havendo diferenças entre eles. Algumas variáveis apresentam, no entanto, diferenças significativas:

2.1 Governo central:

Apresenta diferenças significativas entre o grupo 3 e os grupos 4 e 5:

* o **grupo 5** tem o valor mais baixo (2,0), próximo do grupo 6 (2,13). Para estes grupos, o governo central pode ajudar a melhorar o serviço de qualidade num grau baixo.
* o **grupo 3** apresenta o valor mais alto (4,0) significando que para este grupo, o governo central pode ajudar a melhorar o serviço de qualidade, num grau alto a tender para elevado.

2.2 Autarquias e juntas de turismo:

Esta variável apresenta diferenças significativas entre o grupo 3 e os grupos 2, 5 e 6.

* o **grupo 6** tem o valor mais baixo (3,14), muito próximo dos valores do grupo 2 (3,17) e do grupo 5 (3,20), concluindo-se que, para estes grupos, as autarquias e juntas de turismo podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade num grau médio.
* o **grupo 3** apresenta o valor mais alto (4,8), significando que o poder local e as juntas de turismo podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade, num grau alto a tender para elevado.

2.3 Associações de hotéis e similares:

Embora não haja grupos significativamente diferentes, constata-se que:

* o **grupo 6** tem o valor mais baixo (2,57), concluindo-se que, para este grupo as associações de hotéis pouco podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade.

* o **grupo 3** apresenta novamente o valor mais alto (4,2). Para este grupo o serviço de qualidade pode ser melhorado num grau alto, com a ajuda das associações de hotéis.

2.4 Associações de defesa do consumidor:

Também esta variável apresenta diferenças significativas entre o grupo 3 e os grupos 5 e 6:

* os **grupos 5 e 6** têm o valor mais baixo (2,00) pelo que, para estes grupos as associações de defesa do consumidor pouco podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade.
* o **grupo 3** apresenta o valor mais alto (4,5), implicando que para este grupo estas associações podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade, num grau alto a tender para elevado.

2.5 Outras associações:

Embora não haja grupos significativamente diferentes, constata-se que:

* o **grupo 6** tem o valor mais baixo (1,57), implicando que outras associações muito pouco podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade.
* o **grupo 3** apresenta o valor mais alto (3,3). Para este grupo, apenas medianamente outras associações podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade.

Os valores médios são os seguintes:

* Autarquias e Juntas de Turismo (3,90) – grau aproximadamente alto;
* Associações de Hotéis e Similares (3,52) – grau médio a tender para alto;
* Associações Defesa do Consumidor (3,36) – grau médio;
* Governo (3,13) – grau médio;
* Outras Associações (2,71) – grau baixo a tender para médio.

O **grupo 3** – qualidade de tipo bom – é mais uma vez aquele que sobressai, apresentando diferenças positivas maiores, relativamente aos valores médios dos grupos, para as variáveis "entidades que podem ajudar a melhorar o serviço de qualidade".

Este grupo tem boas relações com o poder central e local e com "lobbies", o que lhos confere força política e negocial.

Neste contexto, a visão deste grupo baseia-se em que a unidade está inserida no meio empresarial, social e político e a intervenção das diferentes forças conduzirá a um melhor serviço de qualidade. Entendem que a qualidade não é apenas o serviço prestado pela unidade, mas todas as infra-estruturas que a rodeiam, que vão desde as estradas, aos parques de estacionamento, aos transportes, aos espectáculos, às exposições culturais, às diversões, aos restaurantes, aos bares, aos catés, às comunicações (telefónicas e correios), até aos hospitais e clínicas, passando pela limpeza, segurança e estabilidade política.

O **grupo 1** – de tipo medio alto – posiciona-se a seguir ao grupo 3 e embora seja um grupo com 6 segmentos de oferta e representando 41,27% da amostra, também perfilha a opinião de que a qualidade que se presta ao hóspede pode ser melhorada com a intervenção e com a colaboração das várias entidades interessadas no sector do Turismo, que actuam no meio envolvente às unidades.

Note-se que o **grupo 6** – qualidade de tipo médio baixo – apresenta neste conjunto de variáveis o valor mais baixo, sendo seguido pelo

grupo 5 – qualidade de tipo médio. As unidades pertencentes a estes grupos praticam uma gestão essencialmente virada para o interior da unidade e pouco esperam dos grupos de influência e dos poderes central e local.

3. **Estratégias e políticas governamentais no sector do turismo**

As duas variáveis deste conjunto têm comportamentos diferentes em relação aos seis grupos. O grupo 3 é o que apresenta diferenças positivas maiores, em relação aos valores médios dos grupos, para as variáveis de consideradas:

3.1 Importância atribuída pelos empresários:

O grupo 3 difere significativamente do grupo 2.

* o **grupo 2** tem o valor mais baixo (2,50). Os empresários deste grupo atribuem pouca importância às estratégias e políticas governamentais.
* o **grupo 3** apresenta o valor mais alto (4,89). Este grupo atribui às estratégias e políticas governamentais um grau de importância elevado.

3.2 Consentâneas com a qualidade:

Embora não haja grupos significativamente diferentes, constata-se que:

* os **grupos 4 e 5** têm o valor mais baixo (2,00), demonstrando que, para os empresários destes grupos, as estratégias e políticas governamentais são pouco consentâneas com a qualidade.
* o **grupo 1** apresenta o valor mais alto (3,08). Contudo, para este grupo, apenas medianamente as estratégias e políticas governamentais são consentâneas com a qualidade.

Os valores médios são os seguintes:

* Importância atribuída pelos empresários (3,57) – grau médio a tender para alto;
* Consentânea com a qualidade no âmbito do Turismo e Alojamento Turístico (2,66) – grau baixo a tender para médio.

Nas "estratégias e políticas governamentais no sector do Turismo" o **grupo 3** – qualidade de tipo bom – e o **grupo 1** – qualidade de tipo médio alto – são os que se evidenciam por terem os valores médios máximos. Para estes grupos a qualidade depende não só de condições endógenas, mas também das exógenas à unidade, condicionadas obviamente pelo poder local e central.

O **grupo 2** – qualidade de tipo baixo – pouca importância atribui às políticas governamentais.

O **grupos 4** – qualidade de tipo excelente – e o **grupo 5** – qualidade de tipo médio – apresentam valores médios baixos sobre "a estratégia do governo é consentânea com a qualidade", na medida em que esperam mais das políticas governamentais, para poderem melhorar o seu negócio e consequentemente a economia nacional.

A análise do sector permite-nos concluir que os empresários estão apreensivos quanto às macro políticas governamentais e especialmente os grupos 4 e 5. Por ordem decrescente de importância são apresentados os motivos das preocupações quanto à:

1. **política sectorial**: devido à necessidade de haver um ministro para um sector que é tão importante na economia nacional. De realçar que o

turismo contribui para o PIB em 5,9% (em 1994), emprega 250000 pessoas (5% da população activa) e contribui em 50% das receitas cambiais na balança de transacções correntes.

2. **política fiscal**: devido aos valores elevados da tributação do IVA (apesar de ter baixado para 12%), da Segurança Social e do IRC.
3. **política financeira**: devido às taxas de juro elevadas e a alguma instabilidade quanto à inflação e política cambial;
4. **política de transportes e comunicações**: porque as vias de comunicação, a sinalização e os transportes estão ainda aquém dos que outros destinos turísticos concorrênciais com o nosso têm;
5. **política de ambiente:** porque é necessário melhorar a limpeza, as facilidades e a segurança dos parques florestais, das reservas, da praias, dos rios e dos lagos.
6. **política de marketing:** apesar do ICEP ter investido na publicitação de Portugal no estrangeiro é, porém, necessário continuar a trabalhar nesse sentido e dar uma imagem atractiva.

BIBLIOGRAFIA

AIEST, (1994), *Tourisme Qualitatif*, Publication de L'Association Internationale d'Experts Scientifiques du Tourisme, Suiça.

BAPTISTA Manuel, (1990), *O Turismo na Economia – Uma Abordagem Técnica, Económica, Social e Cultural*, 1.ª Edição, Instituto Nacional de Formação Turística, Lisboa.

BERNILON, A. e Cerutti, O. (1990), *A Qualidade Total – Implementação e Gestão*, Ed. Didel, Edições Técnicas, Lisboa.

BRYMAN, A. e CRAMER, D., (1992), *Análise de Dados em Ciências Sociais – Introdução às Técnicas Utilizando o SPSS*, Ed. Celta, Lisboa.

COELHO, Manuela Sarmento, (1994), *Qualidade na Indústria do Alojamento Turístico na Costa de Lisboa*, Tese de Mestrado, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa.

COELHO, Manuela Sarmento, (1995), *Tourism in Portugal – Quality and New Perspectives*, Institut d'Etudes Internationales et de Development, Paris.

COELHO, Manuela Sarmento, (1996), *Estratégia dos Grupos de Qualidade na Indústria do Alojamento Turístico na Costa de Lisboa, Técnica*, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

EALLAN, R., (1989), *Small Country Hotels and Hotel Award Schemes as a Measurement of Service Quality, Service Industry Journal (UK)*, Volume 9.

EDER, R.W., UMBREIT, W.T., (1989). *Measures of Managerial Effectiveness In Hotel Industry, Hospitality Education and Research Journal*, pp. 333-341.

FIRNSTAHL, T. W., (1989). *My Employees are My Service Guarantee. Harvard Business Review.*

HOLLOWAY, Cristopher e PLANT RV., (1993), *Marketing for Tourism*, 3.ª Edição, Pitman Publishing, London

HORWATH & HORWATH, (1993), *Worldwide Lodging Industry*, Edição anual, Horwath & Horwath, Nova York.

LEWIS, B., e ENTWISTLE, T., (1989), *Managing the Service Encounter: A Focus on the Employees*, Manchester School of Management, Manchester.

MIDDLETON, Victor., (1988), *Marketing in Travel and Tourism, 1.ª* Edição, Butterworth Heinemann, Londres.

OBEROI, U. e HALES, C., (1990). *Assessing the Quality of the Conference Hotel Service Product Service Industry Journal (UK)*, Vol. 10.

PODDU, Ginseppe Loy, (1992), *Tourisme et Qualité: Un Axiome Depandant de l'Homme, Revue du Tourisme*, Lugano (Suiça).

PORTER, Michel E., (1986), *Estratégia Competitiva*, Editora Campus, Rio de Janeiro.

REIS, Elizabeth e MOREIRA, Raúl, (1993), *Pesquisa de Mercados*, Ed. Silabo, 1.ª edição, Lisboa.

REIS, Elizabeth, (1993), *Análise de Clusters: Um Método de Classificação sem Preconceitos*, 2.ª edição, Ed. Giesta do ISCTE, Lisboa.

REIS, Elizabeth, (1993), *Análise Discriminante: Um Método de Estatística Multivariada para Discriminar Sem Excluir*, 2.ª edição, Ed. Giesta do ISCTE, Lisboa.

REIS, Elizabeth, (1993), *Análise Factorial das Componentes Principais: Um Método de Reduzir Sem Perder Informação*, 2.ª edição, Ed. Giesta do ISCTE, Lisboa.

SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO, (1993), *Alojamento Turistico – Guia Of cial*, Ministério do Comércio e Turismo (Direcção Geral do Turismo), Lisboa.

SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO, (1993), *Indicadores Estatisticos*, Análise de Conjuntura, Boletins n.os 1,2,3,4,5, Ministério do Comércio e Turismo (Direcção Geral do Turismo), Lisboa.

SHRIVER, S. J., (1988). *Managing Quality Service*, Ed. Educational Institute of the American Hotel and Motel Association, New York.

SMITH, L.R.O., (1991). *Achieving Quality In A 5 Star Hotel Quality Review*, November.

WITT, S. e MOUTINHO, L., (1989), *Tourism Marketing and Management Handbaok*, 1.ª Edição, London, Prentice Hall International (UK).

WORLD TOURISM ORGANIZATION, (1991), *Tourlsm to the Year 2000 – Qualitative Aspects Affecting Global Growth*, Ed. WTO.

TÉCNICA
Revista de Engenharia
Publicação trimestral
de investigação científica e desenvolvimento

UMA REVISTA DE ENGENHARIA

A Técnica, Revista de Engenharia, tal como a Associação dos Estudos do Instituto Superior Técnico, onde se integra, acompanha, desde os primeiros tempos, a vida do Instituto.

Das suas páginas constam artigos científicos e técnicos de flagrante actualidade quantas vezes pioneiros, entre nós, de ciência nova e de novas tecnologias.

A revista tem uma periodicidade de quatro números por ano e está estruturada em perfeita adequação à intensa actividade de investigação e desenvolvimento que hoje se processa no campus de Instituto Superior Técnico.

Compreende, assim artigos convidados, comunicações científicas originais e notícias sucintas e rigorosas sobre ciência, tecnologia e desenvolvimento.

Trata-se, pois, de uma revista científica de nível o que não impede a colaboração de estudantes desde que devidamente credenciados por investigadores qualificados e de reconhecido mérito.

Torne-se assinante da Técnica.

Para mais informações contacte-nos pelo telefone 351-1-848 10 18 / 841 73 62 ou fax 351-1-847 40 14 / 849 92 42
ou escreva-nos para: Técnica, Revista de Engenharia, Av. Rovisco Pais n.° 1, P-1098–Lisboa CODEX
Publicidade: DOSSIER – Comunicação e Imagem, Lda., R. Eça de Queirós, 18 - 2.° 1000 Lisboa
Telefs. (01) 355 92 94/5 - 353 73 21 – Fax/Telef. (01) 353 73 12

CONCEITO DE AJUSTAGEM PARA CENTRAGEM DE COMPONENTES ÓPTICOS

José M. G. Carvalho Ferreira *
Silvestre Dias Antunes *
Günter Höhne **
Rainer Nönnig ***
João Luiz da Costa Gouvêa ****
Original submetido em: 23 de Junho de 1996

RESUMO

Este trabalho descreve a pesquisa objectiva orientada para a determinação dos processos de ajuste e centragem de componentes ópticos. Os conceitos teóricos de ajustagem foram ordenados sequencialmente num sistema computacional CAA (Computer-Aided-Adjustment), para melhoria da qualidade e obtenção de uma alta precisão mecânica no alinhamento de lentes.

ABSTRACT

This work describes the objective research oriented to find adjustment processes for centring optical components. The theoretical adjustment concepts have been sequentially ordered in a computer system CAA (Computer-Aided-Adjustment), to improve quality and obtain high mechanical precision when straightening lens.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos de alta precisão da engenharia mecânica devem trabalhar com a mais elevada precisão. Para atingir estes propósitos podem ser conseguidas melhorias na qualidade pela utilização de medidas objectivas de ajustagem, quando se aplicam as conclusões obtidas através de um conceito de CAA (Computer-Aided-Adjustment) consistente, nomeadamente aplicado ao ajuste e centragem de mecanismos em aparelhos ópticos.

2. OBJECTIVO DA CENTRAGEM

Neste trabalho de investigação é tratado o problema da centragem automática de lentes em sistemas assistidos por programas computacionais. Para isto foram feitas pesquisas prévias sobre a teoria do ajustamento mecânico e foi projectado o equipamento necessário. Além do estudo dos parâmetros que influenciam o processo, foram utilizadas as possibilidades de reconhecimento da centragem com o auxílio de Sensores de distância de Fibras Ópticas (SFO).

3. CARACTERIZAÇÃO DA DESCENTRAGEM DE LENTES ESFÉRICAS

Segundo a norma DIN 3140 existe a descentragem de uma lente quando o eixo de referência e a normal à superfície opticamente activa não se tocam no vértice de centragem, figura 1.

O vértice de centragem é assim o ponto de uma superfície opticamente activa no qual ela é atravessada pelo eixo de referência. Uma lente esférica está desta forma descentrada quando o seu eixo óptico não coincide com o eixo de referência. O eixo óptico da lente é definido como a recta que passa pelos centros de curvatura das superfícies opticamente activas. O eixo de referência pode ser escolhido de várias maneiras diferentes. Se a superfície lateral da lente possui uma largura suficiente, o eixo deste cilindro lateral (eixo de forma) pode ser utilizado como eixo de referência; para cilindros

* Prof.s do Instituto Superior Técnico - DEM - STM.
** Prof.Dr.-Ing.habil. da Technishe Universität Ilmenau.
*** Dr.-Ing. da Technishe Universität Ilmenau.
**** Estudante de doutoramento na Technishe Universität Ilmenau.

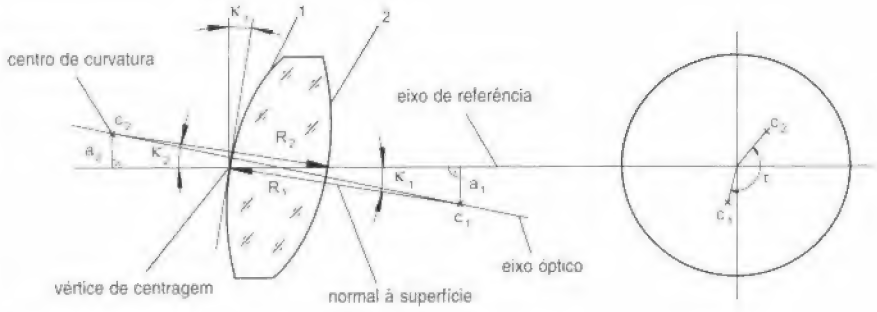


Figura 1 Definição do erro de centragem

laterais finos, ou para uma diferença muito grande na sensibilidade das superfícies da lente, é mais vantajoso definir-se como eixo de referência o eixo de simetria do contorno da superfície mais sensível. Uma outra possibilidade é a selecção, como eixo de referência, do eixo de simetria do assento da lente (por exemplo uma secção anular).

A medida para a descentragem é o ângulo κ entre a normal à superfície no vértice de centragem e o eixo de referência, figura 2. Este ângulo κ tem valor igual ao ângulo de basculamento das superfícies activas em relação à posição ideal. Para raios de curvatura finitos das superfícies das lentes, κ_i pode ser definido, em graus, a partir do raio de curvatura $\mathbf{r}_i$ e da distância perpendicular $\mathbf{a}_i$ entre o centro de curvatura e o eixo de referência conforme a equação (1):

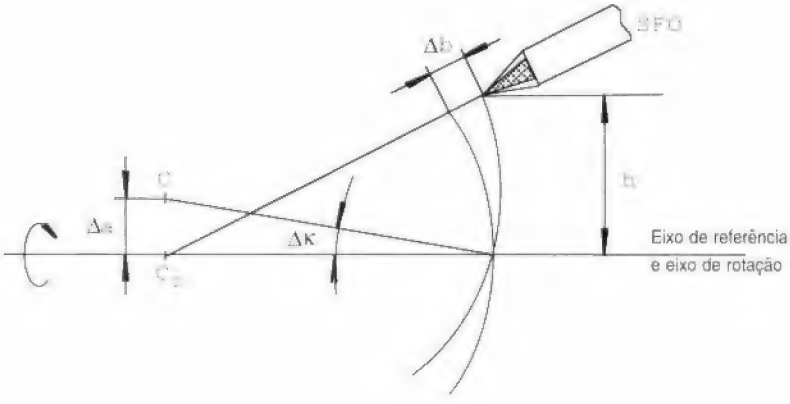


Figura 2 Medição do batimento da superfície por um Sensor de Fibras Ópticas (SFO).

$$\sin(\kappa_i) = {}^{a_i}\!/_{r_i} \; * \; F \qquad (i = 1,2) \qquad (1)$$

$$F = 3438 = \frac{180 * 60}{\Pi}$$

(F = factor de correcção de unidades)

$$\Delta\kappa = {}^{\Delta b}\!/_{2h} * 3438 \qquad (\kappa\, em' \; : \Delta b, h \; em \; mm) \qquad (2)$$

4. DETERMINAÇÃO DO ANGULO DE BASCULAMENTO DA SUPERFÍCIE DE UMA LENTE

O processo para a determinação do ângulo de basculamento de uma superfície baseia-se no princípio da medição mecânica do batimento da superfície por meio de apalpação mecânica. Pela substituição do apalpador mecânico

por um Sensor de distância de Fibras Ópticas (SFO), o processo de medição é feito sem contacto e possui assim as vantagens de ser uma apalpação sem atrito ou outras interferências mecânicas.

A figura 2 mostra o arranjo para a medição do batimento da superfície com o auxílio de um SFO. A obtenção do ângulo máximo de basculamento κ em graus é feita pela determinação do batimento Δb de uma lente que gira em torno do eixo de referência.

A equação (2) vale para uma apalpação perpendicular à superfície da lente. O batimento medido da superfície, no caso de uma apalpação não-ortogonal, é sempre maior que o de uma ortogonal, isto é, o valor obtido aqui é o valor mínimo.

5. SENSORES DE FIBRAS OPTICAS

O princípio para a determinação da distância por meio de SFO consiste em captar e avaliar o fluxo luminoso que é emitido por um condutor de luz (LWL), reflectido por uma superfície e captado por um receptor. O fundamento para isto é composto pela lei da medição fotométrica da distância e pela geometria do feixe luminoso. Quando dois núcleos, constituídos por um emissor e por um receptor de luz, são dispostos de tal maneira que as suas superfícies estejam na mesma direcção num plano ou paralelas a este, então considera-se ter um sensor de fibras ópticas (SFO) simples. Quando uma superfície reflectora penetra no cone de luz do LWL emissor, uma parte do feixe emitido é então reflectido. Se a distância entre esta superfície e o SFO aumenta, as superfícies dos cones de emissão e recepção começam a sobrepor-se a uma certa distância perpendicular (s_a) do SFO, isto é, tem início a iluminação do LWL receptor (figura 3).

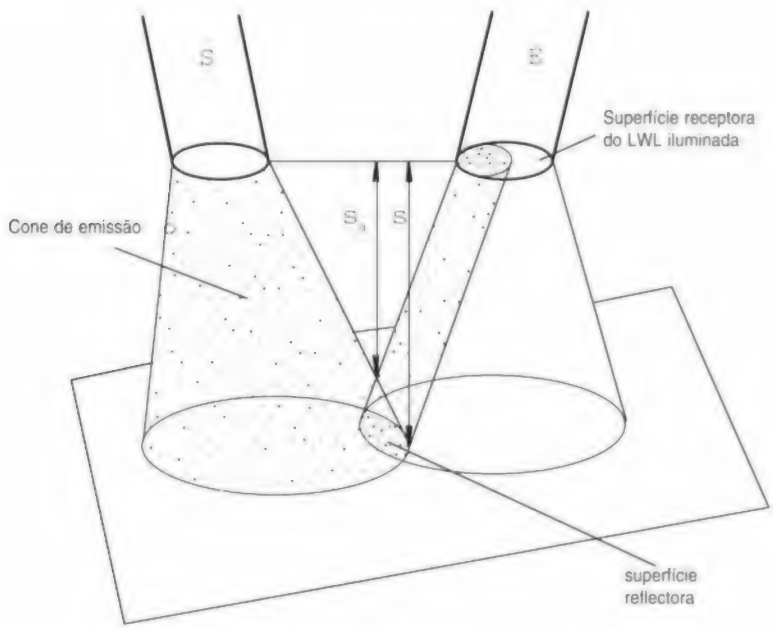
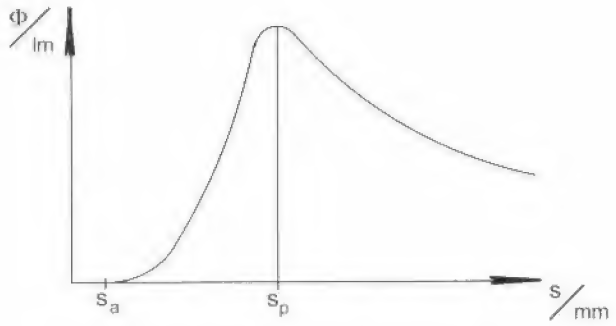


Figura 3 Superfície de um LWL receptor parcialmente iluminada

Numa distância $\mathbf{s_p}$ ocorre o pico óptico, quer dizer, é atingido o fluxo máximo de radiação Φ para uma iluminação total do LWL receptor. Na figura 4 está representada qualitativamente a dependência do fluxo de radiação com a, $\Phi = f(s)$.



S_a - Início da sobreposição dos cones de emissão e recepção

S_p - Distância na qual o pico óptico é atingido

Figura 4 Curva característica típica de um sensor de fibras ópticas

A faixa de interesse para as medições, com a grande inclinação, está localizada entre os pontos s_a e s_p, especialmente onde a relação $\Phi = f(s)$ é quase linear.

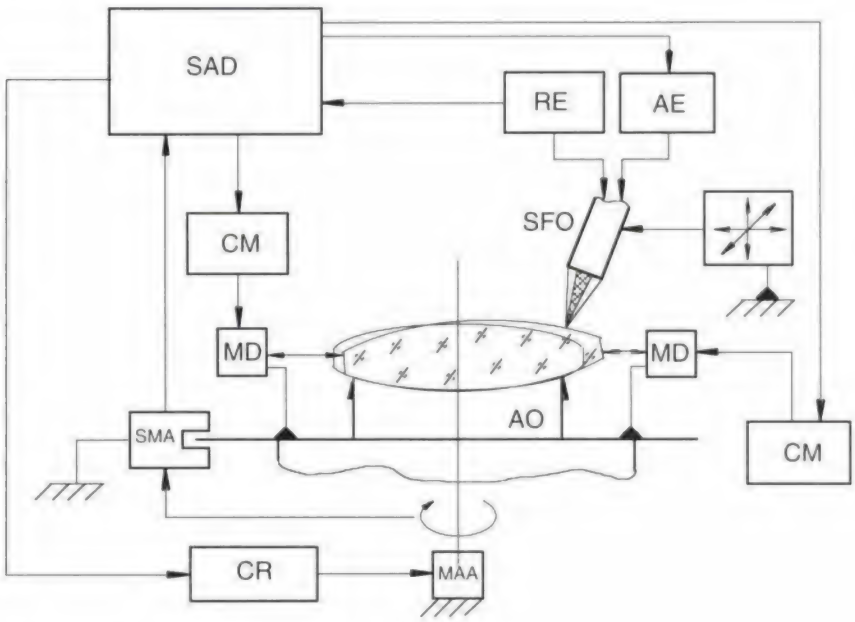
A resolução alcançável (na faixa de poucos μm) e a faixa de medição são dependentes da construção do sensor óptico e das características de reflexão da superfície.

O grau de reflexão de superfícies de vidro, na faixa da luz visível, monta a cerca de 4%. Em superfícies não espelhadas este grau de reflexão pode ser inferior a 1%. Isto significa que para a obtenção de maiores resoluções devem ser utilizadas: uma intensa fonte de irradiação e um receptor sensível. Por isto optou-se pela utilização de luz infravermelha como elemento de medição.

6. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO CONJUNTO

Uma lente gira sobre uma casca anelar. Pela movimentação da lente, em relação ao eixo de rotação, sobre este anel, a sua superfície superior é centrada. A superfície inferior já está automaticamente centrada em relação ao eixo do anel, considerando-se que cada uma das superfícies da lente seja perfeitamente esférica. Um amplificador de emissão controla a pulsação de um LED. A radiação obtida é incorporada dentro de uma fibra óptica, dirigida ao ponto de medição e, por meio de um jogo de microlentes, focada sobre a superfície da lente. As fibras de recepção do SFO captam o feixe reflectido direccionam-o a um fototransístor. Um transformador-amplificador transforma o fluxo de luz, com a ajuda do fototransístor numa corrente, cuja amplitude representa uma medida para a distância entre o SFO e a superfície da lente e serve para a determinação da descentragem. Simultaneamente a posição angular do anel é determinada por um sistema de detecção angular, e, para cada incremento, uma amplitude de tensão é associada num sistema de aquisição de dados. O incremento ao qual foi associado o maior valor de tensão serve para a escolha de um dos dois motores deslocadores para a centragem da lente. Este motor é accionado e desloca a lente em relação ao eixo de rotação de tal forma que a distância entre o SFO e a superfície da lente neste ponto se torne menor. A descentragem da superfície da lente é desta forma reduzida. Este processo é repetido várias vezes. Caso a diferença de amplitude de cada incremento por rotação não se altere mais, ou caso um valor máximo da amplitude não possa mais ser determinado, então

a superfície da lente está centrada com a precisão necessária dentro das possibilidades do equipamento.



SAD – Sistema de aquisição de dados
RE – Receptor
AE – Amplificador de emissão
SOF – Sensor de fibra óptica
CM – Controle do motor
MD – Motor de deslocamento
MAA – Motor de accionamento do anel
AO – Anel de apoio
CR – Controle da rotação
SMA – Sistema de medição do ângulo

Figura 5 Representação esquemática do conjunto

7. ESTRUTURA CONSTRUTIVA DO EQUIPAMENTO DE AJUSTAGEM

O equipamento de ajustagem está montado de tal forma que as direcções do movimento de ajustagem sejam perpendiculares entre si e na direcção do eixo de rotação. Como base para o movimento de ajustagem da lente foi prevista a rotação de um excêntrico. Para melhorar a movimentação da lente, foram colocados impulsores entre os excêntricos e a lente com um ângulo de inclinação que garante a fixação da lente sobre o anel. O esquema construtivo está mostrado no figura 6.

Para uma transmissão sem folgas do movimento de ajustagem, estes impulsores são montados sobre molas de fita e podem ser pré-tensionados pela regulação da mola de fita frente aos excêntricos. Uma outra possibilidade de pré-tensão é dada pela regulação dos excêntricos (com parafusos de ajuste). Estas possibilidades de ajustagem são necessárias para se poder adaptar o equipamento de ajustagem aos diferentes diâmetros das lentes.

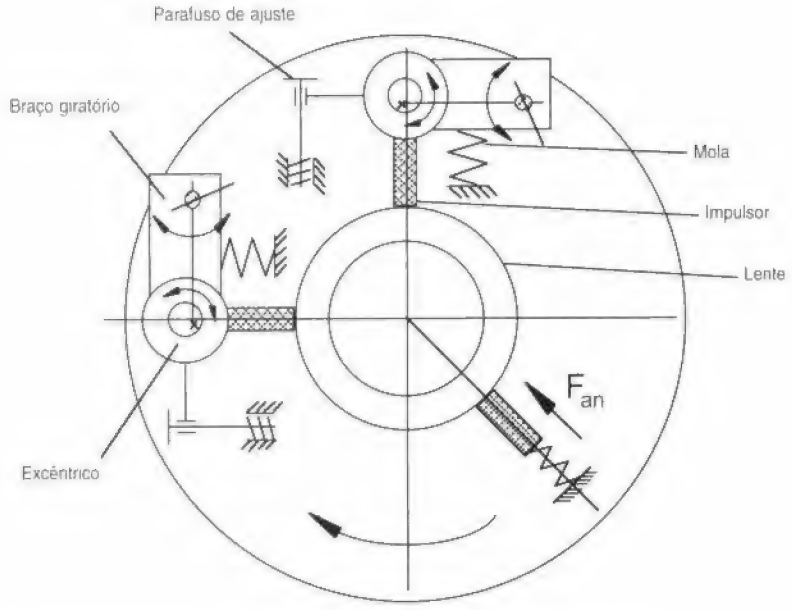


Figura 6 Componentes de movimentação do equipamento de ajustagem

A transmissão do movimento de ajustagem para a lente é feita por uma superfície de contacto inclinada em cerca de 30° em relação ao eixo de rotação. Com isto consegue-se que e lente seja pressionada sobre o anel pela mola de fita, que age sobre o impulsor, com aproximadamente metade da força de fixação. A disposição esquemática do excêntrico, impulsor e lente está mostrada na figura 7.

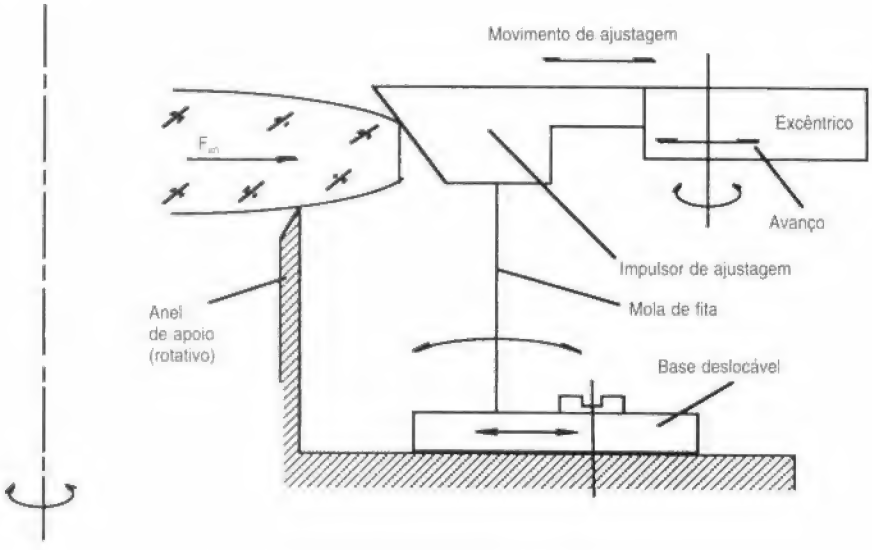


Figura 7 Representação esquemática da unidade de ajustagem

8. O PROCESSO DE AJUSTAGEM

A ajustagem é possível tanto manual quanto automaticamente. Antes da ajustagem devem ser definidos os critérios de interrupção do processo necessários. Estes critérios de interrupção são o valor mínimo permissível da tensão para a amplitude do batimento da superfície Δy_{min} [nm] e o número máximo de

revoluções $\mathbf{n_{max}}$. O valor da tensão é tomado pelo SFO em [mV] e transformado pelo computador em [μm]. Com $\Delta\mathbf{y_{min}}$ determina-se a precisão da centragem.

Um algoritmo de ajustagem está mostrado no figura 8. A distância SFO-lente é registada em forma de uma amplitude de tensão $\Delta\mathbf{y_{max}}$ pelo SFO durante uma rotação do anel de suporte. Se $\Delta\mathbf{y_{min}}$ foi determinado muito pequeno, o programa não pode interromper o processamento, porque pequenos impulsos perturbadores que agem sobre a tensão de emissão tornam o valor da tensão determinado $\Delta\mathbf{y_{max}}$ sempre maiores que $\Delta\mathbf{y_{min}}$. A lente seria desta forma continuamente deslocada em torno do vértice de centragem. Por isto existe a possibilidade de se limitar o número de revoluções admissível. O processo de ajustagem é então interrompido quando se atinge o número máximo de rotações.

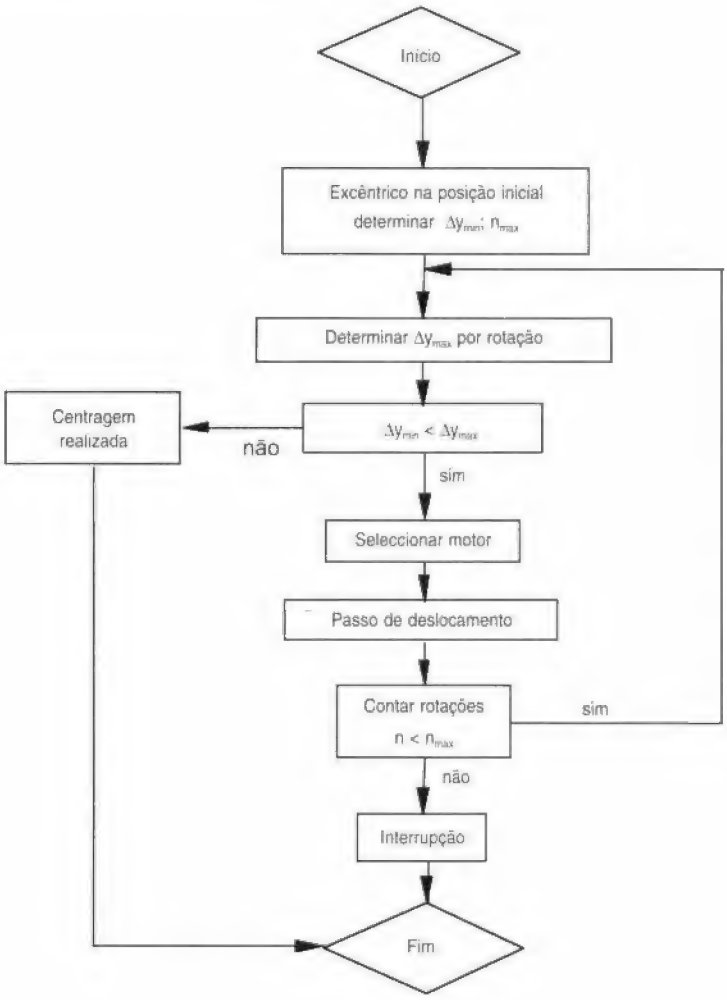


Figura 8 Algoritmo de ajustagem

A partir da distância SFO-lente é produzida uma amplitude de tensão, pelo SFO, durante uma rotação do anel de suporte. Simultaneamente, a cada incremento da rotação é associado um valor da tensão. Estes pares de valores são armazenados. No fim de uma rotação os valores máximo e mínimo da tensão são verificados e obtém-se a diferença $\Delta\mathbf{y_{max}}$.

A coordenação de um dos dois motores e a determinação do dispositivo de deslocamento é feita de acordo com a posição da maior amplitude e respectivo ângulo, o qual é obtido por meio de um disco graduado. Esta posição

marca a localização da maior distância entre o SFO e a lente. A determinação sobre qual dos motores será accionado é feita de acordo com as regiões fixadas na figura 9.

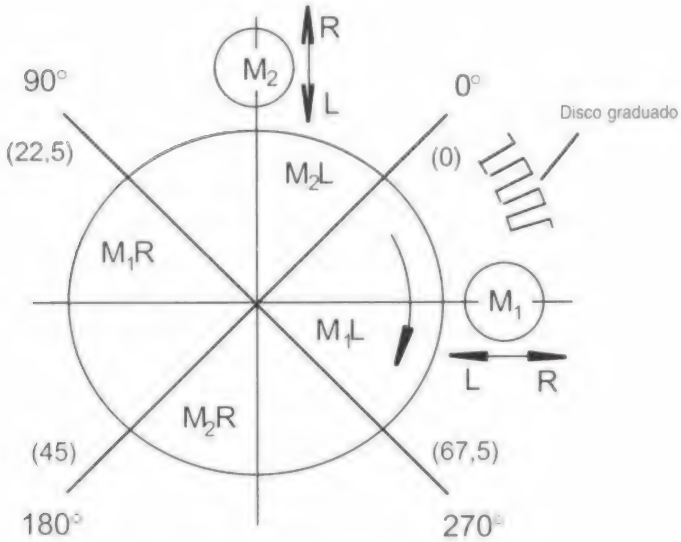


Figura 9 Regiões para controle do dispositivo de ajustagem

O equipamento permite obter 90 incrementos por rotação do disco graduado. A medição e a distribuição dos incrementos são feitas sempre a partir de um mesmo ponto inicial. Os limites das regiões, com respeito a este ponto de partida, são determinados como a seguir:

Região M_2L:	Incremento 1 - 22	(0° - 90°)
Região M_1R:	Incremento 23 - 45	(90° - 180°)
Região M_2R:	Incremento 46 - 68	(180° - 270°)
Região M_1L:	Incremento 69 - 90	(270° - 360°)

Por exemplo caso o valor máximo associado ao incremento nº 36, é accionado o motor 1. Vendo-se o processo a partir do motor 1, a lente sofre um pequeno deslocamento na direcção do eixo de rotação (direcção L).

Após o término deste passo de ajustagem, **n** é comparado com $\mathbf{n}_{max}$. Se $\mathbf{n} \geq \mathbf{n}_{max}$, o processo é interrompido. Caso não tenha sido interrompido, a tolerância da ajustagem $\Delta \mathbf{y}_{max}$ é novamente detectada e verificada. Se $\Delta \mathbf{y}_{max}$ é maior que $\Delta \mathbf{y}_{min}$, é feita novamente uma ajustagem. Caso contrário, o processo é interrompido, isto é, a lente está centrada.

9. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) e à Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) pela sua contribuição ao abrigo do convénio do programa INIDIA para intercâmbio Científico e Tecnológico entre o Instituto Superior Técnico e a Technishe Universitat Ilmenau, no projecto denominado "Melhorias na Qualidade de Produtos da Mecânica de Precisão Utilizando um Sistema CAA – Computer-Aided-Adjustment".

FIRE RISK IN HISTORIC BUILDINGS

José Gonçalves
Eng. M in Lisbon Council
Original submetido em: 24 de Junho de 1996

ABSTRACT

Existing methods of calculation fire resistance of timber members in walls are based on the sum of the contribution indices of its various components, (linings, claddings, sheathings and timber studs) to the stability, integrity and insulation performance of the whole element.
Older forms of construction, such as wooden frame and stone masonry walls and timber lath and plaster walls are not commonly considered due to the variation of their condition which could render any evaluation worthless.
However in some situations of city rehabilitation these ancient construction systems are preserved and similar walls using new materials with traditional techniques are built in a spirit of structural conservation (Pictures 1 - 2 Appendix).
It is therefore important to establish some classification criteria to permit that old systems are to compete in equal terms as new ones in relation with fire regulations and that some sense of security could be given to historic centre's inhabitants.
The present report was based on an experimental study in which a masonry wooden frame wall section, plastered in both sides with mortar, was tested in an ISO 834 time dependent temperature evolution until its full destruction. Temperature measurements and relevant aspects were registered and results were correlated with a heat transfer analytical model.
The obtained results showed that an effective temperature stop lining was achieve with the mortar layer and the reduction of the wood section to approximately one half, inside the wall section, only occurred after 2h.

Contents

1. Theory of wood combustion and mortar behaviour in high temperatures;
2. Analytical model used to simulate the tests;
3. Experimental tests;
4. Correlation of results;
5. Conclusions;

1. THEORY OF WOOD COMBUSTION AND MORTAR BEHAVIOUR IN HIGH TEMPERATURES

Existing analytical methods to simulate the stress-strain behaviour of wood when exposed to fire are based on calculation of the time to ignition, rate of charring, heat and moisture transfer and mechanical behaviour in loadbearing condition. Ignition can occur in two different ways, either when the flammable mixture of decomposition products from wood and air, reaches the flame (pilot ignition) or when the flame is in direct contact with the surface (surface ignition). However the parameters studied in ignition modelling were basically the same, ie:

- Ignition time;
- Surface temperature;
- Temperature distribution inside the material;
- Loss of weight;
- Absorption of radiant energy;
- Moisture ratio, and
- Convective effects.

Models by Simms [1], [2] showed that the intensity of radiation at which ignition is just possible, might expected to vary between 0.25 and 0.33 cal cm $^{-2}$ s $^{-1}$ being 0.30 cal cm $^{-2}$ s $^{-1}$ the value normally considered for practical calculations. For this intensity of radiation the ignition time before collapse should be at least 10 min for thick specimens, providing some time for fire control. Wesson *et all* [3], correlating the spectral absorptance relative to the incident radiation as a dominant variable for ignition of dry wood, concluded that the ignition time is approximately proportional to the wood density and a single correlation sufficed to predict the pilot ignition time of all wood species. The same conclusion was reported by Koohyar [4] who studied the spontaneous ignition of wood with specimens of *pine, fir, mahogany and redwood.*

Models for wood pyrolysis showed the existence of four characteristic zones, parallel to the heated surface in which the basic physical and chemical mechanisms are expected to occur. These mechanisms can be summarise as internal convective heat flow, thermal conduction, storage of heat,

exchange of heat on material surface, vaporisation of water and chemical reactions inside the wood. The characteristic zones are illustrated in Figure 1.1 and each one correspond to a temperature level at which the above factors change in accordance to the biological variation of wood.

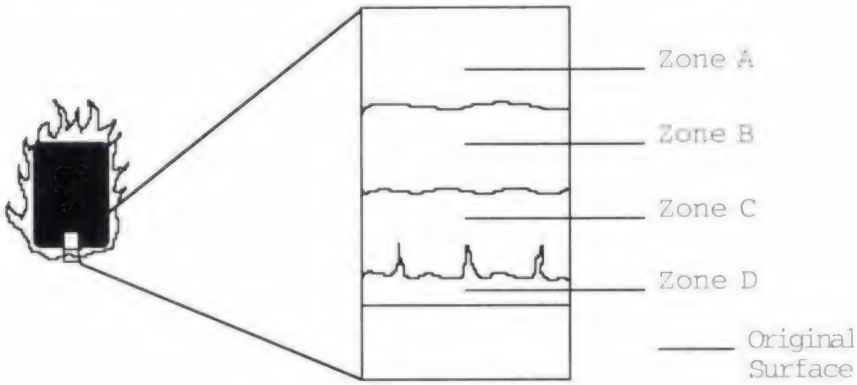


Figure 1.1 Characteristic zones for pyrolysis of wood [5].

Zone A is associated with temperatures below 200°C where the gases formed during pyrolysis process are not ignitable but a slow loss of weight and, in certain cases, a char surface begins to occur.

Zone B corresponds to a temperature range between 200 and 280°C where the flow of gases both towards the surface and further into the wood became noticeable. The temperature at which the net result of all pyrolytic reactions becomes measurable has been taken as one of the definitions of the ignition point of wood.

In **Zone C**, to temperatures between 280 and 500°C, a complex process of heat and mass transfer occur due to the large emission of CO2 and water vapour. A set of cracks of a depth which increases in step with the expansion of the pyrolytic zone, develops at the surface and exchange of radiant and convective heat between the external heat source and the cracked zone can now be transferred directly to the uncharred wood by way of these cracks. At this stage combustion with a flame occurs in the gas phase, outside the wood, due to the rate increase of emitted gases. The charcoal layer, due to its lower thermal conductivity, retards penetration of heat and the occurrence of an exothermic state further inside the wood.

In **Zone D**, to temperatures above 500°C, the charcoal glows and is oxidised until it reaches a temperature over 1100°C. At this temperature its consummation is so fast as the penetration of the reactive zone. When all the wood is consumed, the luminous diffusion flame cease and only the non-luminous flame of the burning carbon monoxide and hydrogen remain.

Models purposed by Kansa [6], Alves e Figueiredo [7] and Roberts [8] assumes a multi-step pyrolysis reaction scheme based on the fact that all physical properties of the wood, i.e., heat capacity, density, thermal conductivity, porosity, permeability and molecular weight are linear functions of the local char or the fuel concentration and there is a thermal equilibrium between solid and volatiles within the wood.

Temperature values for constituents decomposition are obtained and some conclusions show that ignition of wood is controlled by the behaviour of the most reactive component (hemicellulose) while the time require to complete pyrolysis, at a given temperature, is controlled by the least reactive (lignin). Further work by Simms [9] with *Oak, Colombian pine and European whitewood* show that

of testing, which is a good indicator of the fire resistance that can be expected in similar constructions.
Temperature measurements on the unexposed lining and the rate of smoke liberated also showed that a fire performance of 30:180 min. (integrity and insulation resistance), could be anticipated if the experiment had followed the fire testing standards which was impossible to achieve due to laboratory restrains.

the range of intensities at which ignition occurs is strongly dependent of the moisture content. Values for pilot ignition are show in Table 1.1.

Wood	Density g cm^{-3}	Thickness cm	Moisture content percent	Range of intensities cal $cm^{-2}s^{-1}$	Range of ignition times, s
Oak (Quercus sp.)	0.66	1.3	Dry 20 40 60	0.38-0.50 0.55 0.59-0.65 0.69-0.75	415-140 605 635-530 510-435
	0,8	1.9	Dry	0.38-0.40 0,50-0,55 0,41-0,45	1260-1115 1020-630 2580-2020
Colombian pine (Pseudotsuga taxifolia	0.46	1.3	Dry 20 40 60	0,46-0,50 0,54-0,55 0,63-0,70 0,74-0,76	430-160 460-500 380-180 310-140
	0.71	1.9	Dry 20 40	0,39-0,40 0,43-0,45 0,39-0,41	2130-1440 1940-1770 3540-2230
European whitwood (Picea abies)	0.46	1.3	Dry 20 40 60	0,45-0,50 0,52-0,60 0,57-060 0,67-0,70	240-180 610-370 550-260 350-270
		1.9	Dry 20 40	0,39-0,39 0,40-0,52 0,42-0,50	2380-1520 1800-300 1520-530

Table 1.1 Results obtained by Simms for pilot ignition.

From the present data is possible to see that, taking as an example the *Colombian pine*, and for the same density and thickness, the increase of the moisture content in 60% is related with an increase of the intensity values to more than 0.70 cal $cm^{-2}s^{-1}$, clearly higher than the mininum necessary to signition (0.30 cal $cm^{-2}s^{-1}$). This proof the importance of this factor to the ignition of wood.

Concerning the structural properties of wood, papers by Fu-Kuo Chang [10] and [11], related stress and mechanical behaviour of wood with time exposition to elevated temperatures, concluding that at temperatures of about 150°C most specimens collapsed within five minutes of exposure while for temperatures of about 300°C all the loaded specimens failed within 60 seconds of exposure. According to the work of Schaffer [12], this is due to the depolymerization of cellulose with duration of heating for temperatures above 288°C.Therefore this temperature has been taken as a limit for the structural use of timber after a fire.

In relation with the behaviour of cement based mortars when subject to thermal and structural loading, Piasta [13] investigated the decomposition of cement pastes under thermal exposure in a temperature range of 20 to 800°C and suggested that the shrinkage process is associated with two phases regime. The first, for temperatures up to 100-250°C, corresponds to an expansion of strains especially in a fast rate of heating while the second, associated with temperatures of 250 up to 670°C, strains show contraction mainly due to the dissociation of $Ca(OH)_2$. At temperatures close to 500°C there is an increase on formation of microcracks while, for temperatures close to 800°C, the total porosity raise to values up to 0.223 cm^3/g. This irreversible characteristics suggest that the structural use of cement based mortars is limited to temperatures below 670-700°C.

2. ANALYTICAL MODEL USED TO SIMULATE THE TESTS

The analytical model was based on the Fluent computer program [14] which simulate the combustion process inside the furnace and the heat transfer process within different solid regions. This is achieve by solving the conservation equations of mass, momentum, energy and chemical species using a simple control volume based difference method.

The fundamental equations for conservation of energy in a conducting solid, including heat flux and volumetric heat source can be describe as:

$$-\frac{\partial T}{\partial t}\rho c+\frac{\partial}{\partial x}K_x\frac{\partial T}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}K_y\frac{\partial T}{\partial y}+q''' = 0 \qquad (1)$$

Where:

T - temperature, °K;
t - time, s;
ρ - density, kg m^{-3};
c - specific heat capacity, J kg^{-1}K^{-1};
K - thermal conductivity, Wm^{-1}K^{-1};
q''' - volumetric heat source, Wm^{-3};
x,y - coordinates in the x and y directions, respectively, m.

The equation for conservation of energy in the form of a transport equation for the static enthalpy h in the fluid, is as follows:

$$-\frac{\partial}{\partial t}\rho h-\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i h)+\frac{\partial}{\partial x_i}(k+k_t)\frac{\partial T}{\partial x_i}-\frac{\partial}{\partial x}\sum_i h_j J_j+\frac{D_p}{D_t}+\tau_{ik}\frac{\partial u_i}{\partial x_k}+S_h=0 \qquad (2)$$

With:

$$h = \sum_j m_j h_j = \sum_j m_j \int_{T_{ref}}^{T} c_{p,j}\, dT \qquad (3)$$

Where:

h'_j - partial enthalpy of formation of species j';
m_j - mass fraction of species j';
$c_{p,j}$ - specific heat at constant pressure of species j';
T_{ref} - reference temperature;
u - velocity, m s^{-1};
k - molecular conductivity, W m^{-1}K^{-1};
$k_t = \mu_t/Pr_t$ - effective turbulent conductivity, W m^{-1}K^{-1};
J_j - diffusion flux of species j';
τ_{ik} - viscous stress tensor;
S_h - source term, which includes the heat of chemical reaction, ($S_{h,reaction}$) and the exchange of heat with the dispersed second phase:

$$S_{h,reaction}=\sum_j\left[\frac{h_j^0}{M_j}+\int_{T_{ref}}^{T_{ref}} c_{p,j}\, dT\right]R_j \qquad (4)$$

Where:

R_j - volumetric rate of creation of species j';
M_j - molecular weight of species j'.
h^0_j - enthalpy of formation of species j';

The reported enthalpy value, h^* is then computed as:

$$h^* = \sum_i m_i \left(h_i + h_i^0\right) \tag{5}$$

$$= \sum_i m_i \left(\int_{T_{ref}}^{T} c_{p,i}\, dT + h_i^0 / M_i + \int_{T_{ref}}^{T_{ref}} c_{p,i}\, dT \right) \tag{6}$$

Where $T_{ref\,i}$ is the reference temperature at which h^0_i is defined.

Turbulent analysis based on the *(k-ε)* model and using the Boussinesq hypothesis to calculate the Reynolds stresses were used in order to obtain an ensemble-averaged momentum equation for the fluid:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i + F_i + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho \overline{u'_i u'_j}\right) \tag{7}$$

Where:

τ_{ij} - viscous stress tensor;
p - static pressure;
g_i - gravitational acceleration in the *i* direction;
F_i - external body forces which arising as a result of the interaction with the dispersed phase on the fluid in the *i* direction;

$\left(\rho \overline{u'_i u'_j}\right)$ - "Reynolds stresses" representing the effect of turbulence in the time-averaged (or mean-flow) values.

Radiation was modelling using the Discrete Transfer Radiation Model (DTRM) where the radiation intensity is calculate for each position, *s*, and solid angle, *w*, as:

$$\frac{dI}{ds} + (a + \sigma_s) I = a\frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi}\int_0^{4\pi} I(s,w)\,dw \tag{8}$$

Where:

I - radiation intensity from the flame;
a - absorption coefficient;
σ_s - scattering coefficient;
σ - Stefan-Boltzmann constant (5.672 x 10^{-8} W/m^{2}K^4);
$(a+\sigma_s)$ - optical thickness or opacity of the flame;

Integration of (8) along a path for all wavelengths was executed and incident radiation heat flux was calculated assuming that all surfaces were diffuse. Two layers near the wall region were assumed considering a laminar viscous sublayer near the wall and a turbulent log-law sublayer at some distance of the wall. Discussion of the theoretical model is develop elsewhere [14]. The geometric grid used in the model corresponded approximately to a 2x2 cm cell in the experimental apparatus. Near the wall model and inside it, where differences in material occurred, a higher definition was used. This grid is used by the analytical model to calculate the relevant parameters as temperature, velocity vectors and pressure associated to the cells of the model. Types of cells summarised in Table 2.1 define the way how the cell is treated during the solution process.

Cell Type	Description	Designation	Application
INLET (VELOCITY)-1	Positive Velocity Boundary Condition	I1	Gas Inlet
INLET (VELOCITY)-2	Negative Velocity Boundary Condition	I2	Combustion products Outlet from the Domain
CONDUCTING WALL-1	Wall Boundary Condition – Type 1 (Heat Transfer Solved via a Conducting Equation)	W1	Mortar layer
CONDUCTING WALL-2	Wall Boundary Condition – Type 2 (Heat Transfer Solved via a Conducting Equation)	W2	Wood frame
CONDUCTING WALL-3	Wall Boundary Condition – Type 3 (Heat Transfer Solved via a Conducting Equation)	W3	Rock
WALL	Wall Boundary Condition	WO	Combustion Chamber Wall
LIVE (FLUID)	Fluid		Gas and Combustion Products inside the Combustion Chamber

Table 2.1 - Cell types and labels used in the model.

3. EXPERIMENTAL TESTS

In order to verify the integrity and insulation characteristics of a ancient wooden wall, two 80×80×16 cm real scale models were executed, like is show in Picture 3.

The materials and the procedure used in model's preparation were the same as those used in reconstruction of ancient buildings, and are summarised as follows:

A – Structural frame of pine wood with a mean density of 500 kg/m3.

B – Stone assembled with cement-lime based mortar, composed by:

1 volumetric part of Portland Cement;
1 volumetric part of hydrated lime;
5 volumetric parts of sand.

C – 3 mortar layers applied in the following order:

C1 – First layer with the same proportion of the mortar described above, 5 mm depth.

C2 – Second layer, 15 mm depth, with the following composition:
1 volumetric part of Portland Cement;

1 volumetric part of hydrated lime;
6 volumetric parts of river sand;

C3 – Final layer, 10 mm depth, with the following composition:

1 volumetric part of Portland Cement;
2 volumetric parts of hydrated lime;
9 volumetric parts of river sand;

Picture 3 Model construction

In order to achieve good adhesion among the three layers (C1-C2-C3), some time between preparation of each one was followed, according to the procedure normally observed:

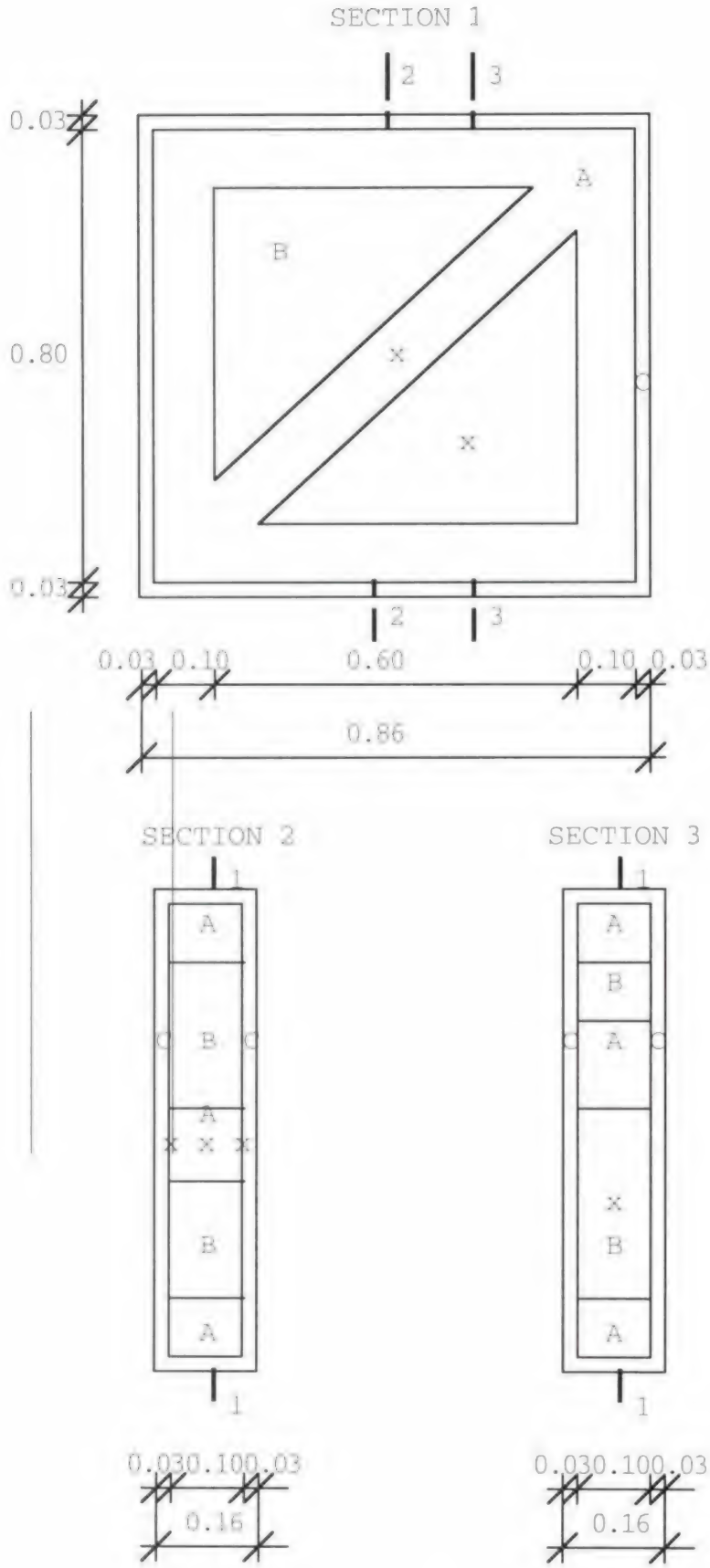
– Between layers C2 and C1: 3 days;
– Between layers C3 and C2: 6 days.

Before execution of this layer, a chicken wire mesh was nailed to the wooden frame to improve the cement adhesion and this was very important to prevent premature collapsing in a fire situation.

Model's geometry is show in Figure 3.1. Inconel sheathed type K thermocouples positioning, inside the wall section, are also visible in this Figure.

To achieve some information about the effect of the lime mortar, other model was made with a mortar lining composed with only cement and sand. Results showed that an interesting effect in retarding the temperature raising was achieved with the lime mortar model which make this material a better insulator.

The test facility consisted in a 115×115×115 cm internal section furnace connected to a natural gas burner with two main extraction ducts and one refrigeration system in order to cool the metal walls during test. The model's positioning inside the furnace was crucial due to various factors like heat exposition, flame propagation, surface cracking and structural integrity. Standard procedures require also a model positioning during tests as close as possible to the reality due to side effects that can be expected. Additionally, in order to prevent the heat transmission throughout the sides of the model surface to the back side of the wall, all the model was insulated with ceramic fire bricks and fire wool. With this procedure the temperature readings were in fact those from the wall section and not those from the heat transmited to the furnace walls. Thermocouples disposition in furnace apparatus and inside the wall section are show in Figure 3.2.



x - Thermocouples

Figure 3.1 Geometry of the models and thermocouples positioning.

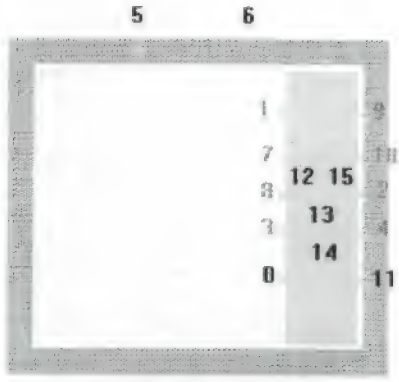


Figure 3.2 Thermocouples numbering and disposition inside the furnace apparatus.

Significant occurrences during test evolution are show in Table 3.1. The main factor is related with the CO2 production outside the combustion chamber after 2h. testing. This was the cause for the test interruption before significant temperatures had been achieve on the unexposed side of the wall.

Time (min)	Temperature °C	Occurence
35	868	First crack on exposed surface (l=5 cm)
40	888	First signal of smoke outside the chamber
59	943	Signals of resin from the wood combustion inside the chamber
71	968	Wood combustion continues. Signals of resin outside the chamber. External layer starts to collapse.
88	1010	Smoke production continues outside the chamber. More resin outside the chamber.
116	1059	Long crack (20 cm aprox.) appear on model's surface
119	1068	Intense smoke outside the chamber. Glowing gases on furnace chimney
138	1135	Excessive production of smoke from the furnace to the exterior. Model's surface ignition. Test stop.

Table 3.1 Significant occurrences in Test 1.

However in Test 2 the full temperature regime was obtained after 6h. of continuos burning and the temperature evolution for thermocouples disposition describe above, is show in Figure 3.3.

From temperature evolution in thermocouple N.8 is possible to see a good agreement with the normalise temperature evolution of ISO 834.

Thermocouple N.12 represents the temperature between the mortar layer and the wooden frame and is visible that a significant insulation effect was achieved by this layer. In fact to temperatures of 200°C the insulation time of the protective layer can be estimated as 20 minutes, but to temperatures of 400°C the insulation time of this layer raises to 35 minutes and to temperatures of 600°C the insulation time obtain is 60 minutes. Moreover the temperature only reach 700°C near the wood region after 150 minutes of testing and the value of 800°C is only achieve after 285 minutes which is a good indicator of the insulation confered by the exterior layer.

If the temperature inside the wood section is consider, we can see a slow heating process to temperatures up to 140°C for the first 3h. period and then a considerable raise to temperatures up to 727°C, after 6h. This is explain

by the slow loss of weight associated with the flow of gases towards the exterior and further into the wood section as we have seen in Figure 1.1, to temperatures up to 200°C. The raise in temperatures after 3h. of testing is associated to the emission of CO2 and water vapour by the cracks which appear at temperatures close to 500°C.

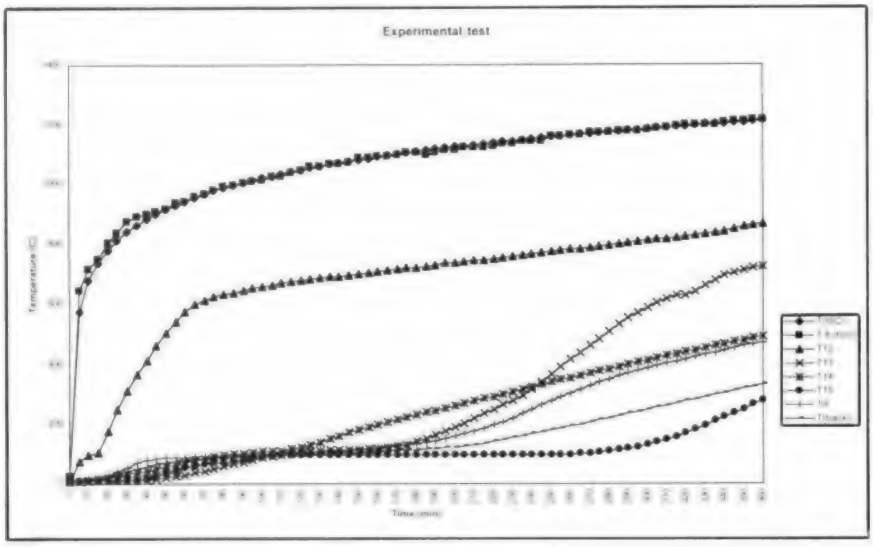


Figure 3.3 Temperature evolution in Test N.2

If the protective layer cracks, as it's visible in Picture 4, then combustion with a flame occurs outside the wall due to the rate increase of emitted gases from the wood section. This was visible in Test 1 after 138 minutes (Table 3.1). Temperature raising in thermocouple N. 13 after 3h. exposition also confirm that fact.

An interesting temperature evolution was achieved with thermocouple N.14, which was positioned inside the rock section of the wall. In this case an almost linear temperature evolution was obtained as we can see in Figure 3.3 and this is explain by the higher thermal conductivity of the rock when compared with wood to temperatures up to 200°C. To higher temperatures however the results show a much more steady behaviour for the rock due to the stability of it's physical properties.

Another interesting temperature evolution was achieve with thermocouple N.15, placed between the wooden section and the unexposed side of mortar layer. In this case an almost constant temperature regime during the first 5h. period was obtained due to the lower conductivity of the wooden section until some wood still exists inside the wall. After it's consummation is expected that the temperature will rise like what happen in the central section. This was not obtained due to the establish limit for test term being 6h.

Nevertheless is worth to see that a higher temperature value in the back section of the wall is always obtain. If we consider that an effective insulation was achieved with the ceramic wool and the fire bricks placed between the model sides and the furnace walls then we can conclude that the wooden section acted, not only as a structural element for the first 3h. of fire, but also as an effective temperature barrier to the remaining section of the wall.

Temperatures on the back side of the wall were measured in two different forms, with a single point (thermocouple N.9) and taking an average value in 5 different positions. This was intended to establish some kind of credibility in measuring temperatures for classification purposes.

Picture 4 Cracks on exposed side of the model after 138 min of testing

In fact, if we suppose that the temperature reached 140°C after 220 minutes, we can consider this wall as a thermal insulation element of 180 min. and, with the results of Table 3.1 for smoke production, we can assign the following fire performance to this type of element:

(30:180)
(integrity and insulation resistance's),

The problem which arises from the present analysis is related with the standard procedures that would have been necessary to have follow in order to attribute a fire resistance classification. This was not possible to overcome due to laboratory circumstances

4. CORRELATION OF RESULTS

The obtained results from experimental analysis were correlated with the theoretical model in order to validate the assumptions made during the test procedures.

The values for materials properties, used in analytical model, were taken from references, namely [15], [5] and [16] in relation to the mortar, wood and rock properties, respectively.

TEMICA, n.º 2 JUN. 97

For mortar it was assumed a temperature dependant thermal conductivity with values varying from 0.597 to 1.2548 W m^{-1} K^{-1} for temperatures varying from 293 to 1487 K. The specific heat was assumed a constant with a value of 862 J kg^{-1} K^{-1} and density with a value of 1990 kg m^3.

For wood the thermal conductivity was assumed as temperature dependent with values varying from 0.1250 to 0.1630W m^{-1} K^{-1} to temperatures varying from 273 to 673 K. For temperatures over 1073K, a constant value of 0.052W m^{-1} K^{-1} was assumed as the thermal conductivity of char. In relation with the heat generation it was assumed a time dependent model, according to Table 4.1.

T (C)	t_{model} (min)	Heat generation (W/m^3)
284	150	7.60E+03
366	240	2.20E+03
400	270	2.00E+04
498	330	2.50E+04
542	360	2.50E+04

Table 4.1 Heat generation of wood for temperatures of 284-542°C.

Finally for rock it was assumed a temperature dependant thermal conductivity with values varying from 0.934 to 1.4424 W m^{-1} K^{-1} for temperatures varying from 293 to 1487 K. The specific heat was assumed a constant with a value of 837 J kg^{-1} K^{-1} and density also a constant with a value of 2308 kg m^3.

Obtained results from both analytical and experimental models are show in Figure 4.1.

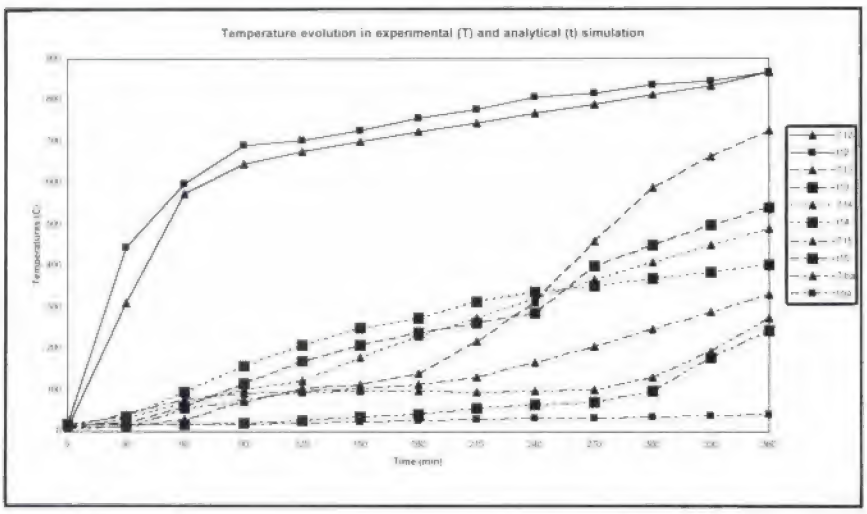


Figure 4.1 Correlation of results of experimental and analytical models

From this graphic it's possible to observe that a relatively good correlation is achieve with analytical modelling although for the back side of the model values obtained showed a poor agreement since the begining of simulation. This was mainly due to the limitations of the model to simulate temperature dependency of properties in solid materials. However this constraints, a reasonably correlation for temperature inside the wood section was obtained for temperatures below the pyrolysis region (thermocouple N.13) and is possible to validate the results of experiments, with the assumed properties definitions.

Moreover an interesting factor related with the apparent inversion of tendency in wood regions for temperatures close to the ignition point seems to occur between analytical and experimental data (thermocouples N.s 13 and 14). This is attributable to the nature of the analytical model which is too static for wood combustion simulation above this temperature regime. In stone region, oppositely, a fairly agreement was obtained specially for temperatures above 300°C (thermocouple N. 15) and for mortar region a very good agreement was achieved for all temperatures (thermocouple N.12).

5. CONCLUSIONS

The results of the tests are a good indicator for the use of wooden structural walls in historic buildings by two main reasons.

The first is related with the considerably long time before occurence of temperatures higher then 140-180°C on the unexposed side of the wall. This is a proof of it's considerably insulation resistance. If, inside a room on fire in an wooden historical building, there is not any other element of construction with a lower fire resistance, considereing the insulation criteria, then the masonry wooden walls will provide some time for fire detection and, eventually, fire control before it spreads to other compartments.

The second observed factor is related with the integrity capacity of the thin mortar layer to sustain a permature atack by flames, even when exposed to temperatures above 1000°C. This was in part expected from observations carry through following the Chiado fire in 1988, but in this case thicker masonry walls were observed and some on then with no wooden section in it's interior.

With a relative thin mortar layer some of the previous beliefs were that such a layer would not resist to a temperature exposition higher then 20 minutes and after that, all the model will colapse, proving a total usefulness of this kind of structure in case of fire. The present conclusions proof that some time will be provide for the fire brigade to have arrive before flash-over, even if no automatic detection is use, which should not be the case.

Considering the nature of the buildings in some cities historic centres and, above that, the difficulties in security measures improvement due to social and economical reasons, the fact that some protection is provide by the existant structures, is a good indicator for fire security.

To conclude is necessary to refer that the historical patrimony is not anyone's property but human heritage and therefore should be treated as a value to preserve. That is not achieved with simple legislation but should be part of a wider education and be reflected in everyday practices.

The reconstruction process in historic centres considering basic security measures for fire prevention is a contribution to that practice and likewise should be treated.

The present work was sponsored by EU - Human Capital and Mobility Programme *and the experiments were executed at* Cardiff School of Engineering, University of Wales.

The author wishes to acknowledge the contribution of the technical staff of the College and of my supervisor, Dr. Anthony Griffiths for his comprehension.

To the colleges in Mouraria Local Committee, and especially to its Co-ordinator, Arq^{o}. Paulo Silva, the author wishes to express his particular recognition.

Picture 1 Wooden frame in a traditional masonry wall

Picture 2 Wooden walls under reconstruction in Lisbon historic centre

REFERENCES

[1] Simms, D.L. - Ignition of Cellulosic Materials by Radiation. Combustion & Flame, 1960. 4(4), p.293-300;

[2] Simms, D.L. - On the Pilot Ignition of Wood by Radiation. Combustion & Flame, 1963. 7(3), p.253-261;

[3] Wesson, H.R. *et all* - The Piloted Ignition of Wood by Thermal Radiation, Combustion & Flame, 1971. 16, p. 303-310;

[4] Koohyar, A.N. *et all* -The Irradiation and Ignition of Wood by Flame, Fire Technology, Vol.4, N.4, 1968;

[5] Jonsson, R and Pettersson, O - Timber Structures and Fire. A Review of the Existing State of Knowledge and Research Requirements, Swedish Council for Building Research, Stockholm, 1985;

[6] Kansa, Edward, J. *et all* - Mathematical Model of Wood Pyrolysis Including Internal Forced Convection, Combustion and Flame, 29, 311-324, 1977;

[7] Alves, S.S. and Figueiredo, J.L. - A Model for Pyrolysis of Wet Wood. Chemical Engineering Science, V.44, 1989, N.12, p.2861-2869;

[8] Roberts, A.F. - A Review of Kinetics Data for the Pyrolysis of Wood and Related Substances. Combustion & Flame, 14, 1970, p. 261-272;

[9] Simms, D.L. and Law, Margaret - The Ignition of Wet and Dry Wood by Radiation. Combustion & Flame, 1967, 11(5), p. 377-388;

[10] Chang, Fu-Kuo - Stress Analysis of Wooden Structures Exposed to Elevated Temperatures. Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol.5, Oct-1986, p. 218-237;

[11] Chang, Fu-Kuo - Thermal-Mechanical Loading Interaction Effect on Strength and Failure Time of Wooden Structures Exposed to Elevated Temperatures. Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol.5, Oct-1986, p. 253-271;

[12] Schaffer, E.L. - Effect of Pyrolytic Temperature on Longitudinal Strength of Douglas-Fir, J. of Testing and Evaluation, JTEVA, vol I, N.4, 319-329, 1973;

[13] Piasta, J. *et all* - Changes in the Structure of Hardened Cement Paste due to High Temperatures. Materials and Structures. Research and Testing, V. 17, N.100-1984, p. 291-296;

[14] Fuent User's Guide - Fluent Incorporated, 1993;

[15] Ragland, K.W. and Aerts, D.J. - Properties of Wood for Combustion Analysis. Bioresource Technology, 37 (1991) 161-168;

[16] Myers, G.E. - Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, McGraw Hill Book Company;

PARA QUE SERVEM OS MÉTODOS DE ACELERAÇÃO DE CONVERGÊNCIA?

Mário M. Graça
Departamento de Matemática. Instituto Superior Técnico. Lisboa
Original submetido em: 9 de Julho de 1996

ABSTRACT

The Aitken's Δ^2 process transforms a geometric convergent sequence into its limit. Taking advantage of this fact, some features of the convergence acceleration processes are illustrated on a conveniently chosen example.
A geometric slowly convergent sequence is obtained from the application of the Newton-Raphson method on the computation of the root of $(x-a)^\beta = 0, \beta > 1/2$. The exact root can be computed by the Aitken's Δ^2 process using only the first three terms of this sequence.
We deliberately omit any argument from the iterative processes theory.

RESUMO

O método Δ^2 de Aitken transforma uma sucessão geométrica convergente no seu limite. Aproveita-se esse facto para ilustrar alguns aspectos dos métodos de aceleração de convergência por meio de um exemplo convenientemente escolhido.
Aplicando o método de Newton-Raphson ao cálculo da raiz de $(x-a)^\beta = 0, \beta > 1/2$ obtém-se uma sucessão geométrica lenta. O método Δ^2 de Aitken permite-nos o cálculo exacto da raiz usando apenas os três primeiros termos desta sucessão. Os argumentos próprios da teoria dos métodos iterativos são deliberadamente ignorados.

1. INTRODUÇÃO

Temos sido várias vezes confrontados com a pergunta que serve de título a este trabalho. Procuraremos dar a seguir uma resposta aproximada, sob a forma dum exemplo de aplicação muito simples, mostrando que há situações em Análise Numérica para as quais os métodos de aceleração de convergência são não apenas desejáveis mas, sobretudo, os processos numéricos mais adequados à resolução de certos problemas.

Como ilustração das potencialidades e do interesse dos métodos de aceleração de convergência escolheu-se um método iterativo, o celebérrimo método iterativo de Newton-Raphson para a resolução numérica de equações reais $f(x)=0$, no caso em que a função *f* possui raízes múltiplas. Sabe-se que para o cálculo de raízes múltiplas o método iterativo referido, se convergente, produz geralmente uma sucessão de valores (x_i) convergindo lentamente para a solução desejada. Os textos de introdução à Análise Numérica costumam aconselhar, para este caso, a utilização de outros métodos iterativos como por exemplo certas variantes do mesmo método de Newton. Todavia a teoria envolvendo a análise de convergência destes métodos é, muitas vezes, complexa.

Neste trabalho, discutimos um exemplo particular para o qual a superioridade do método de aceleração usado – o método Δ^2 de Aitken [1] – é esmagadora. No entanto as ideias aqui utilizadas podem ser ampliadas para exemplos mais gerais (o exemplo numérico que tratamos é particular no sentido em que conhecemos de antemão a raíz procurada), como seja o cálculo numérico de raízes múltiplas de polinómios. O método Δ^2 produzirá, neste caso, resultados geralmente não tão espectaculares como o que apresentamos mas, em todo o caso, outras técnicas de aceleração de convergência existem, com resultados geralmente mais satisfatórios do que os obtidos mediante os referidos métodos iterativos.

Do ponto de vista da aceleração de convergência duma certa sucessão (x_i) obtida por um qualquer processo iterativo, o método que conduz ao cálculo dos seus termos é relativamente indiferente. Se essa sucessão convergir para a solução procurada $\hat{x}$, um método efectivo de aceleração de convergência pode perfeitamente superiorizar-se em relação a todo e qualquer método iterativo que escolhamos para a determinação da solução numérica da equação $f(x)=0$.

No problema de que nos ocupamos na secção 3, o qual consiste na determinação numérica da raíz da função $f(x)=(x-a)^\beta$, $\beta > 1/2$, acontece que a sucessão $(x_i) \to \hat{x}$ obtida pela fórmula de Newton possui convergência geométrica lenta (os conceitos e definições necessários à compreensão do

texto são dados na secção 2). Neste caso particular o método Δ^2, inventado por A. C. Aitken em 1926, permite o seu cálculo exacto.

Como aplicação, num exemplo numérico que tratamos na secção 3, pretende-se calcular a raíz (de multiplicidade 10) $x=1$ do polinómio

$$\begin{aligned} p(x) &= x^{10} - 10x^9 + 45x^8 - 120x^7 + 210x^6 - 252x^5 + \\ &\quad + 210x^4 - 120x^3 + 45x^2 - 10x + 1 \\ &= (x-1)^{10} \end{aligned} \tag{1}$$

Como se disse, essa raíz pode ser obtida *exactamente* pelo método Δ^2 de Aitken. Para o seu cálculo apenas são necessários os três primeiros termos da sucessão (x_k) obtidos pelo método de Newton-Raphson. A razão deste resultado dramático é, todavia, bem simples. Como se disse, o método Δ^2 de Aitken permite obter o limite exacto de toda e qualquer sucessão de convergência geométrica.

Na secção 2 mostramos também que, para a função *f* acima, quanto maior for o grau de multiplicidade da raíz a calcular, mais lenta é a respectiva sucessão de iteradas obtidas mediante aplicação do método de Newton-Raphson. Confirmando o bem conhecido facto de que para polinómios com raízes múltiplas, este método pode ser completamente impraticável enquanto método iterativo. Note-se porém que do ponto de vista da aceleração de convergência pouco interessa a maior ou menor lentidão de convergência da sucessão calculada. No caso presente ela goza duma certa propriedade (possui convergência geométrica) e isso permite afirmar que somos capazes de calcular o seu limite à custa exclusivamente de três quaisquer dos seus termos, mediante uma única aplicação da fórmula Δ^2 de Aitken que relembramos adiante em (5).

Não é demais sublinhar que, duma forma geral, a análise do tipo de convergência duma sucessão (x_k) resultante da aplicação dum processo iterativo – divergência, convergência linear, convergência geométrica, convergência logarítmica, etc. – pode ser obtida exclusivamente a partir dos valores calculados (admitindo que essa sucessão goza de propriedades características e que os seus termos podem ser calculados em número suficiente) abstraindo completamente, como já se disse, do método iterativo gerador dessa sucessão.

No caso presente, inclusivamente, o problema geralmente delicado que consiste na determinação das condições segundo as quais o método de Newton converge para a raíz, qualquer que seja o valor aproximado inicial x_0 não se coloca. Com efeito, mostramos que a sucessão de iteradas (x_k) converge qualquer que seja o valor inicial x_0, sem usarmos nenhuma das hipóteses sobre a função *f* que são dadas habitualmente como condições suficientes de convergência do método de Newton.

Somos assim levados a concluir que os "piores" métodos iterativos de cálculo das raízes duma equação $f(x)=0$, i.e., os métodos que conduzem a sucessões de convergência lenta, muito lenta, ou mesmo muitíssimo lenta, podem produzir as "melhores" sucessões possíveis do ponto de vista da aceleração de convergência.

Evidentemente que podemos recorrer ainda a um entre muitos dos outros métodos conhecidos de aceleração de convergência [3], (com os mesmos resultados no que toca ao problema (1)), no entanto preferimos o referido método Δ^2 não só pela sua simplicidade como pelo facto de ele ter começado recentemente a ser incluido, com frequência, em vários textos universitários de introdução à Análise Numérica, cerca de 70 anos depois de ter sido inventado por A. C. Aitken.

O autor espera contribuir, através deste modesto trabalho, no sentido de fazer notar entre nós o enorme interesse de que se reveste a área de aceleração numérica da convergência de sucessões (que se estende a espaços de sucessões escalares, vectoriais, matriciais, etc.). Uma discussão detalhada sobre os vários métodos de aceleração de convergência, assim como descrição das diferentes áreas nas quais eles têm sido aplicados com êxito, pode ver-se em [3].

2. CONCEITOS BÁSICOS E DEFINIÇÕES

Nesta secção apresentamos definições e resultados bem conhecidos necessários à justificação posterior da excelência do método Δ^2 quando aplicado ao problema particular escolhido.

- Seja (s_n) uma sucessão de valores reais convergente para s. Denota-se por (e_n) a sucessão dos respectivos erros, i.e., $(e_n)=(s_n - s)$ Diz-se que (s_n) é uma sucessão de convergência linear se existe o limite $l = \lim \frac{e_{n+1}}{e_n}$, $(n \to \infty)$ e

$$0 < |l| < 1 \tag{2}$$

(a convergência dir-se-á logarítmica quando $l = 1$). Em particular, afirma-se que (s_n) possui convergência geométrica de razão λ, quando a razão entre erros consecutivos é constante, i.e., existe $\lambda \in \Re$ tal que

$$\forall n \quad \frac{e_{n+1}}{e_n} = \lambda, \quad 0 < |\lambda| < 1 \tag{3}$$

Por exemplo, as sucessões definidas por $s_n = a + 0.999^n$, $n = 0,1,\ldots$, $a \in \Re$ e $u_n = 1/2^n$, $n = 0,1,\ldots$ são ambas de convergência geométrica. Podemos afirmar que a primeira é "mais lenta" que a segunda atendendo a que a respectiva razão, calculada mediante (3), é superior à que se obtém para a sucessão (u_n).

Uma formulação rigorosa sobre o conceito de "velocidade" de convergência duma sucessão pode ver-se em [2].

- Dada uma sucessão real (u_n) o operador Δ define-se do seguinte modo:

$$\Delta u_n = u_{n+1} - u_n \qquad n = 0,1,\ldots$$
$$\Delta^k u_n = \Delta(\Delta^{k-1} u_n) \qquad k = 2,3,\ldots$$

- O teorema seguinte reveste-se de uma importância particular. Ele mostra que relativamente a sucessões de convergência linear, se existir o limite do quociente dos erros, ele é igual ao limite do quociente das respectivas diferenças.

(A notação $(s_n) \xrightarrow[n]{} s$ significa lim $s_n = s$, quando $n \to +\infty$).

Teorema 1 ([6], p. 6)

Considere-se uma qualquer sucessão real $(s_n) \xrightarrow[n]{} s$. *Então, supondo* $|l| \neq 0.1$, *tem-se:*

$$\frac{s_{n+1} - s}{s_n - s} \to l \quad \text{se e só se} \quad \frac{\Delta s_{n+1}}{\Delta s_n} \to l \tag{4}$$

- O método Δ^2 de Aitken é uma transformação de sucessão a sucessão. Admitamos que (s_n) é uma sucessão para a qual $\Delta^2 s_n = s_n - 2s_{n+1} + s_{n+2} \neq 0, \forall n$. A referida transformação produz uma nova sucessão (t_n) dada por

$$t_n = s_n - \frac{(s_{n+1} - s_n)^2}{s_n - 2s_{n+1} + s_{n+2}} = s_n - \frac{(\Delta s_n)^2}{\Delta^2 s_n} \quad n = 0, 1 \ldots \tag{5}$$

(a expressão mais à direita em (5) está na origem da designação Δ^2 atribuida ao método).

O teorema seguinte mostra que uma sucessão linearmente convergente é transformada pelo processo Δ^2 de Aitken numa sucessão com o mesmo limite, e que acelera a convergência da sucessão de partida.

Teorema 2 ([5], p. 73)

Seja $(s_n) \to \bar{s}$ uma sucessão de convergência linear tal que $\Delta^2 s_n \neq 0, \ \forall n$. A sucessão obtida pelo método (5) acelera a convergência de (s_n), no sentido em que

$$\frac{t_n - \bar{s}}{s_n - \bar{s}} \underset{n}{\to} 0 \tag{6}$$

Em particular, pode verificar-se por substituição na fórmula (5) de Aitken, que toda e qualquer sucessão de convergência geométrica $s_n = b + \lambda^n, \ n = 0, 1, \ldots$ com $b \in \Re$ e $|\lambda| < 1$ (para a qual necessariamente $\forall n \ \Delta^2 s_n \neq 0$) é transformada na sucessão constante $(t_n) = (b)$. Quer dizer que o limite $\bar{s} = b$ da sucessão (s_n) pode calcular-se, mediante a fórmula (5), conhecendo apenas os seus três primeiros termos. Obtém-se $t_0 = b$.

- O método de Newton-Raphson, também conhecido pela designação abreviada de método de Newton, é um método iterativo que é usado no cálculo numérico duma raiz da equação $f(x) = 0$ dada uma sua aproximação x_0. As hipóteses mais usuais são que *f* é uma função contínua num intervalo fechado onde se encontra a raíz (única) que se pretende calcular. Admite-se ainda que f possui primeira e segundas derivadas contínuas no mesmo intervalo ([4], p. 48). O método produz uma sucessão (x_k) cujos termos são obtidos mediante a fórmula

dado x_0, calcular

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)} \quad k = 0, 1, \ldots \tag{7}$$

Note-se que na fórmula (7) x_{k+1} pode sempre calcular-se desde que $f'(x_k) \neq 0 \ \forall k$. Neste caso podemos encarar (7) apenas como uma fórmula de recorrência, sem cuidar de saber se se verificam ou não as hipóteses habituais de aplicação do método de Newton. Neste sentido, como se referiu na introdução, não é o método de Newton em si que nos interessa, mas antes uma sucessão particular obtida mediante aplicação da fórmula de recorrência (7) iniciada a partir dum certo valor x_0.

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Escolhemos um exemplo para o qual é dispensável toda a teoria envolvendo o método de Newton. A análise da convergência da fórmula de recorrência (7) é feita directamente sobre a sucessão calculada (x_k).

Considere-se a seguinte função real *f* definida em $\Re$, onde $a \in \Re$,

$$f(x) = (x-a)^{\beta}, \quad \beta > \frac{1}{2}, \quad \beta \neq 1 \tag{8}$$

Para a função *f* dada em (8), e para uma aproximação inicial $x_0 \neq a$, a fórmula de Newton (7) escreve-se

$$x_{k+1} = \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) x_k + \frac{a}{\beta} \quad k = 0, 1, \ldots \tag{9}$$

Proposição 1 *Qualquer que seja a aproximação* x_0 *da raíz da equação* $f(x) = 0$ *onde f é a função definida em* (8), *a fórmula de recorrência (9) produz uma sucessão* (x_k) *que converge para a raíz de* $f(x) = 0$.

A sucessão (x_k) *possui convergência geométrica. A sua convergência é tanto mais lenta quanto maior for o valor do parâmetro* β *em* (8).

Demonstração

Admitamos que $\lim x_k = \bar{x}$ $(k \to \infty)$. Então, por passagem ao limite, de (9) resulta necessariamente $\bar{x} = a$. Mostremos que, de facto, a sucessão (x_k) converge.

Sejam

$$l = 1 - \frac{1}{\beta}, \qquad r = \frac{a}{\beta} \tag{10}$$

Usando indução matemática sobre *k*, obtém-se facilmente da expressão (9),

$$x_k = l^k x_0 + r \sum_{i=0}^{k-1} l^i \qquad k = 0, 1, \ldots$$

Atendendo às hipóteses feitas em (8) com respeito ao parâmetro β, tem-se que -1< l < 1 donde

$$\lim x_k = r \lim \sum_{i=0}^{k-1} l^i = \frac{r}{1-l} = a \qquad (k \to \infty).$$

Mostremos agora que a sucessão $(x_k) \to a$ possui convergência geométrica. Aplicando o operador Δ a ambos os membros de (9) vem

$$\forall k \geq 0 \quad \frac{\Delta x_{k+1}}{\Delta x_k} = l = 1 - \frac{1}{\beta}, \quad -1 < l < 1 \tag{11}$$

e atendendo ao teorema 1, tem-se

$$\forall_{k \geq 0} \quad \frac{x_{k+1} - a}{x_k - a} = l. \tag{12}$$

Como $|l| < 1$ resulta que (x_k) é uma sucessão geométrica convergente para a. De (11) e (12) concluímos que a sua convergência é tanto mais lenta quanto maior for β.

Como aplicação, passemos ao cálculo da raíz do polinómio dado em (1). Tem-se $a = 1$, $\beta = 10$, $l = 9/10$.

Devido à proposição anterior, possuímos total liberdade de escolha da aproximação inicial da raíz do polinómio. Seja $x_0 = -1000$. A fórmula de recorrência (9) escreve-se

$$x_{k+1} = \frac{1}{10}(9x_k + 1) \qquad k = 0,1,\ldots$$

donde x_1=-899.9, x_2=-809.81. Apesar destas três aproximações da raíz do polinómio não sugerirem qualquer indicação sobre a sua grandeza, e a fortiori do seu valor exacto, estamos certos de podermos calculá-la exactamente usando apenas esses três termos da sucessão (x_k) e, com eles, aplicarmos o método Δ^2 de Aitken (5). Obtém-se,

$$t_0 = x_0 - \frac{(\Delta x_0)^2}{\Delta^2 x_0} = -1000 - \frac{-899.9 + 1000}{-1000 + 2 \times 899.9 - 809.81} = 1.$$

REFERÊNCIAS

[1] A. C. Aitken. On Bernoulli's numerical solution of algebraic equations. *Proc. Roy. Soc. Edinb.*, 46:289-305, 1926.

[2] C. Brezinski. Vitesse de convergence d'une suite. *Rev. Roumaine Math. Pur. Appl.*, 30:403-417, 1985.

[3] C. Brezinski and M. Redivo Zaglia. *Extrapolation Methods Theory and Practice.* North-Holland, Amsterdam, 1991.

[4] R. L. Burden and J. D. Faires. *Numerical Analysis.* PWS-KENT, Boston, 4th edition, 1989.

[5] P. Henrici. *Elements of Numerical Analysis.* John Wyley, New York, 1964.

[6] J. Wimp. *Sequence Transformations and Their Applications.* Academic Press, New York, 1981.

PREDICTED AIRFLOW FROM SOLAR AIR-COLLECTORS AT CRATO SCHOOL BUILDING CASE STUDY

Paulo R. Pinto (*), A. Canha da Piedade (**)

Original submetido em: 31 de Julho de 1996

RESUMO

O presente artigo analisa os caudais de ar de duas salas de aula da escola C+S do Crato, ventiladas naturalmente com recurso a colectores solares a ar integrados nas fachadas Sul da referida escola. Para levar a cabo este estudo foram efectuadas simulações numéricas, com recurso ao programa ESP-r, para dois meses típicos de Inverno e Verão.

Os resultados das simulações enquadram-se com os estudos experimentais em curso efectuados no local, obtendo-se para a solução construtiva existente, valores compreendidos entre 120 e 150 m^3/h para os caudais de ar médios no colector. Para a satisfação das exigências mínimas de qualidade do ar sugere-se a utilização de dois colectores por sala de aula de 2.95mx1.00mx0.20m (em lugar de apenas um - e de dimensões mais reduzidas - como actualmente se verifica).

ABSTRACT

The present paper studies the airflow performances of two classrooms in Crato school building, ventilated by natural means with resort to solar air-collectors integrated in South façades. To carry out this analysis here numerical simulations is performed, resorting ESP-r program, for two typical months in Winter and Summer. The results of the simulation fit with the experimental survey carried out in the local school and showed for the existent constructive solution, medium values of airflow in the solar

1. INTRODUCTION

Both indoor air quality and the energy requirements of a building are deeply influenced by air infiltration and ventilation. Deficient ventilation may result in poor confort, and under extreme conditions, can be injurious to occupants. In contrast, unnecessarily high air exchanges rates will present an excessive load on heating or cooling systems, resulting the lose of energy or the incapacity to satisfy thermal requirements.

The airflow processes are particularly relevant to passive solar buildings, since air movement may be the most significant heat transfer mechanism. Passive solar heating systems, such as solar air-collectors, may utilise air movement mainly by mixed convection to effect heat transfer to a living space (for example the classrooms). Air solar panels have, simultaneously, two types of air exchange processes: natural and forced convection. Natural convection, which arises due to differences in temperature and hence air density, creating a pressure difference across the panel that varies with height; forced convection, due to wind driving force (wind pressure).

The Crato school building lies at a latitude of 39.3°N, a longitude of 7.55°E, and is 300m above mean sea level in the town of Crato. It is in a rural area near Portalegre in a region characterised by significant thermal amplitudes (Winter and Summer design temperatures of 0°C and 34°C respectively). Despite the cool weather during the five months of the year, November to March, the region receives substantial sunshine during the winter (total amount of 2750 hours/year). The average hemispheric solar radiation incident on a vertical south surface for these five months is 490 kWh/m^2year; however, the annual heating degree-days at 15°C base temperature are 908°C. The weather data show the need for winter heating and a great potential for passive solar heating designs.

2. BUILDING MODELLING

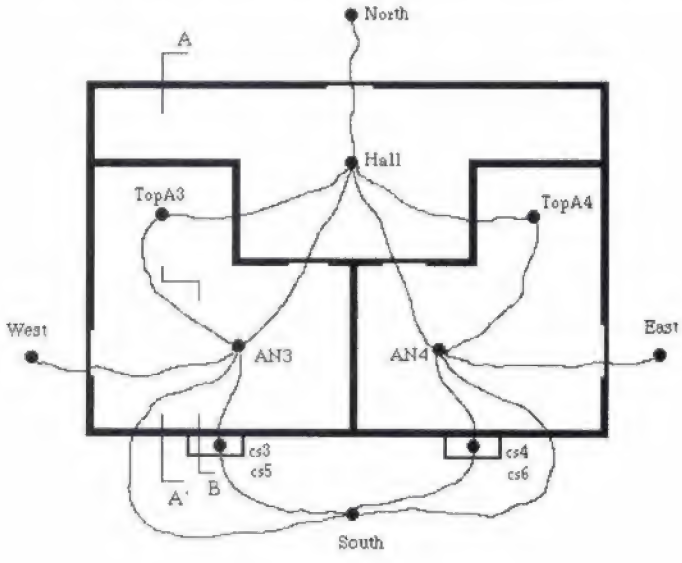
In the present analysis, a computing environment for building energy simulation, ESP-r, has been used to predict infiltration, zone-coupled air flow and thermal behaviour of the model. It was specified a leakage network to represent the distributed air flow paths between nodes or zones. The network is time dependent to allow the modelling of occupant interaction (timetable of the classrooms during the weekdays). An air flow simulation is performed via

(*) Assistente (**) Professor Associado do IST/DEC.

ESPsim - wind pressure and variable buoyancy driven flows with combined heat transfer.

Building model of the schoolrooms has a total of eleven zones. The criteria of the model were based on the prototype classroom of the school building. The classroom AN3, aim of our study, is symmetric from AN4 (see Fig.1), has a total floor area of 67.7 m^2 and a volume of 227 m^3. The classroom has west and south-facing glazing with an area of 22% of the pavement. Exterior windows of the classrooms have on the outside white plastic blinds (except the windows above the roof of the classrooms) in order to prevent thermal losses in the cold season and to minimise solar gains in the summer. In the cold season, it is admitted that the external blinds are opened during weekdays between 8.00 a.m. to 6.00 p.m. (legal time - L.T.). In hot weather, external blinds are partially closed and joined with interior light coloured curtains, in order to avoid pernicious solar gains and diffuse the sun's rays.

air-collectors between 120 and 150 m^3/h. To satisfy the minimum necessities of air quality it is suggested the use of two solar air-collectors per classroom with 2.95mx1.00mx0.20m, instead of the existing one with small dimensions.



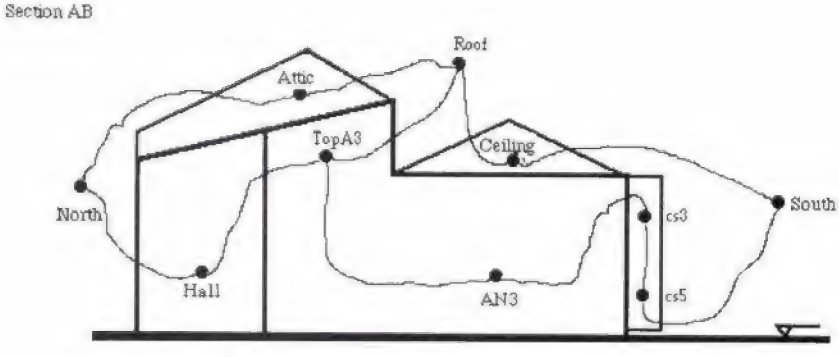


Fig.1 Diagrammatic representation of the fluid flow network[1]

The north-south axis of the building was rotated 19.3° (value measured in the project) towards the south-east to enable the classrooms to receive gains an hour earlier. Building's entrances are reached through transition spaces, which prevents the direct contact between indoor and outdoor ambience. The south façades of the building overlook a playground and remain free from any obstructions that may impinge upon the collection of solar energy.

Flat vertical air panels (see Fig.2), each one with size of 2.95m×0.70m×0.20m, rely solely on natural convection to transfer solar heat gain. These components of a passive solar feature are an integral element of a building that, without mechanical systems, harnesses solar energy. The air panels are controlled from inside the rooms by means of simple mechanical commands (either inlet or outlet vent may be closed to prevent any unwanted heat output). The panels are characterised by a non-operable glazing followed by a black steel plate for quick absorption and emission of solar energy. As the sun's rays pass through the outer glazing and hit the surface of black steel plate, this immediately raises its temperature and in turn heats the air trapped within the glazing and the steel plate. Thermosyphoning could be induced by opening the upper and lower vents that allows continuous flow of hot air into the classroom during heating periods. The main goal is to increase ventilation rates, pre-heating the admitted air and avoiding excessive thermal losses. In warm weather the panels will make cross ventilation, since local winds are predominantly northerly, linking up with the suction pressure caused by the indoor thermal differential (stack effect).

Fig. 2 View of the solar air-collector

The type of occupation is discontinuous, from 8.00 a.m. to 6.00 p.m. (L.T.) Monday-to-Friday. Internal gains due to the presence of students (each schoolroom is occupied with average 28 students) and the teacher are calculated with a total of 1680 W. This is based on the assumption that the heat gain rate from a child is 40% of that from an adult, which equals 140 W[2].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Summer period

Figure 3 illustrates the cross-ventilation rates of schoolroom AN3 induced by the air panel with extreme values between 0.3 and 8.8 air change per hour (ACH). The minimum value is in harmony with the weekends when the panel is not working. During weekdays, the medium value is 1.8 ACH, less than the minimum airflow required for the occupation of the classroom (2.3 ACH)

The airflow exchange due to the panel is between 357 and 1300 m^3/h. However, the results of the simulation showed in great range of the period,

the inverted work of the designed panel, which means that wind pressure is preponderant and contrary the buoyant ventilate flow.

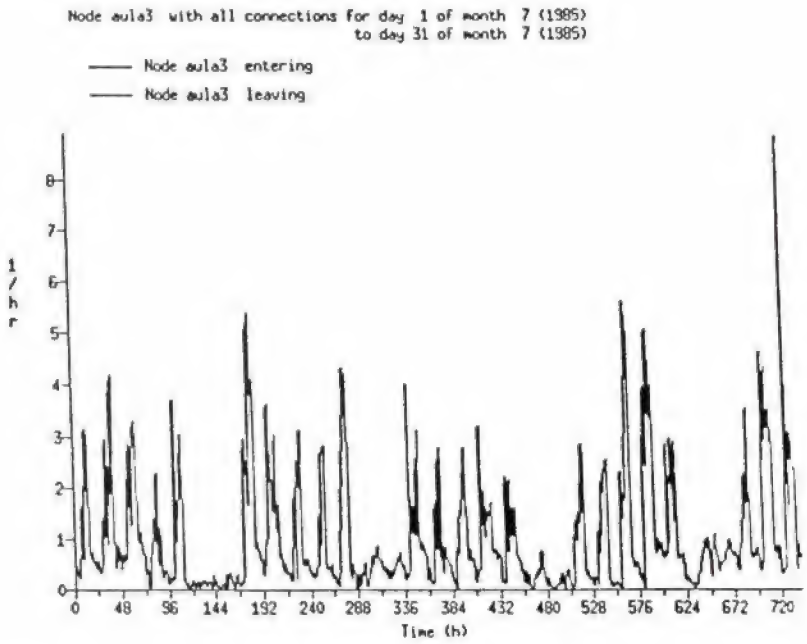


Fig. 3 Ventilation rates for the classroom AN3 - July[1]

3.2. Winter period

Figures 4 and 5 show, respectively, ventilation rates for schoolroom AN3 and the solar air-collector. The contribution of the panel to the classroom ventilation, considering everything closed, duplicates the air renovation rates of the classroom for medium values of 0.8 and 0.9 ACH. However, these values are not still enough to supply the minimum needs of airflow required for the existing occupation of the classroom.

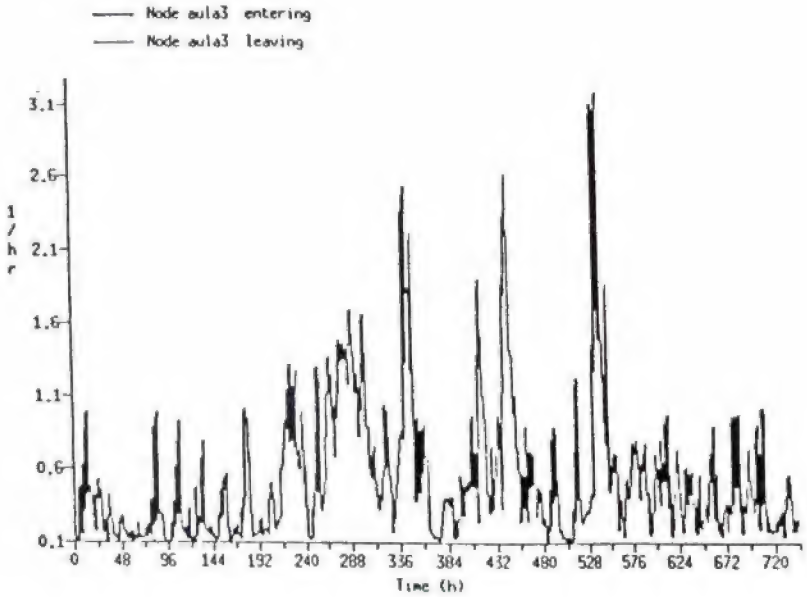


Fig. 4 Ventilation rates for the classroom AN3 - January[1]

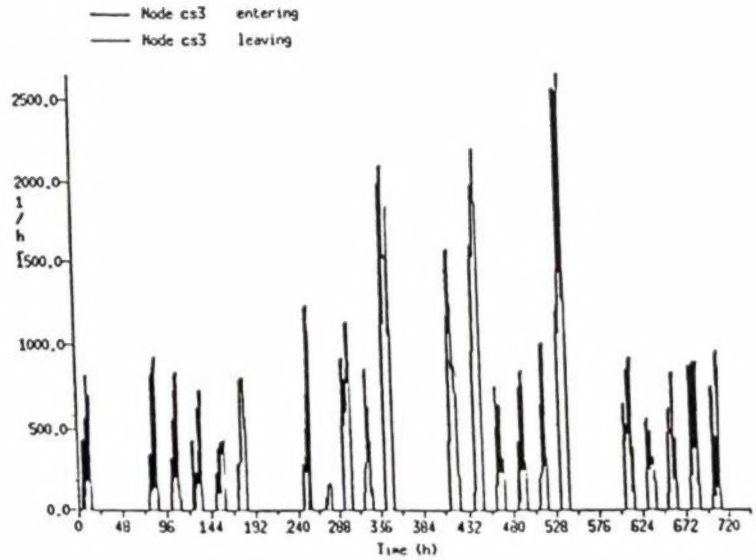


Fig. 5 Ventilation rates for the air panel - January[1]

The airflow exchange due to the panel is now between 40 and 520 m^3/h. The medium airflow is 120 m^3/h for freefloating regime and can reach 150 m^3/h if the schoolroom is under thermostatic temperature of 18°C.

Maximum values in the black sheet surface - corresponding to vertical solar radiation intensity greater than 500 W/m^2 - and in the single glass pane are, respectively, 77°C and 45°C. Indeed, for those values of global radiation the average air temperature in the panel is 5 to 10°C higher than outdoor air temperature.

Despite its positive thermal behaviour, there were some negative feedbacks in operating the solar air panel studied in the present analysis. First, it seems to be a nuisant daily routine for many students to open and close the vents every day. Second, there were some problems with bugs, since the gap between the non-operable glazing and the black sheet has become an attractive habitat.

4. CONCLUSIONS

Performance analysis of the Crato solar air-collectors do not satisfy air quality requirements with resort only the designed existing solution. However, this kind of solution can improve indoor air quality with positive thermal balance. To sum up, it is suggested to double the number of panels for each schoolroom and increase their width (from 0.70 m to 1.00 m).

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This work was developed by the first author during a period of training carried out at INETI and had the useful collaboration of Doctor Helder Gonçalves. This work was supported by JNICT.

6. REFERENCES

1. Paulo R. Pinto, 1994. Thermal behaviour analysis of a passive solar building. The Crato School. MSc Thesis. Technical University of Lisbon.
2. European Passive Solar Handbook. CEC. 1986. Basic principles and concepts for passive solar architecture.

DIFERENCIÁLIS
Informática, Lda.

CONSULTADORIA

ESTUDOS DE INFORMATIZAÇÃO E ACTUALIZAÇÃO

SOFTWARE

INTERNACIONAL, GESTÃO, DESENVOLVIMENTO À MEDIDA

HARDWARE

COMPUTADORES, IMPRESSORAS, SCANNERS, MULTIMÉDIA

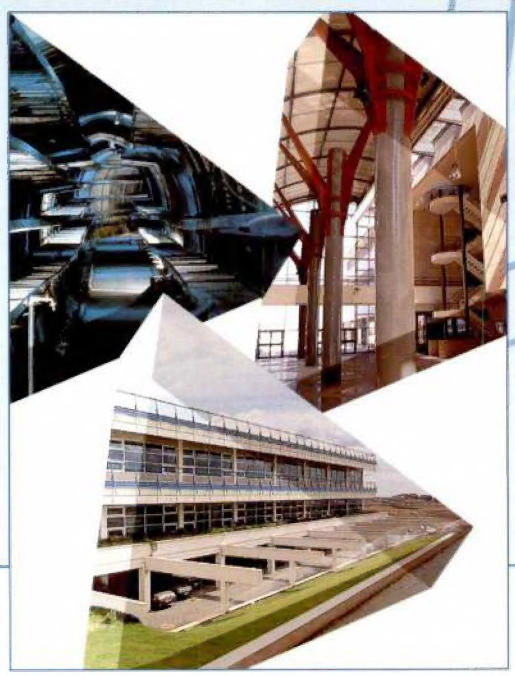
CONSUMIVEIS

RATOS, TINTEIROS PARA JACTO DE TINTA, DISQUETES...

FORMAÇÃO

PRODUTOS MICROSOFT, LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Rua de Entrecampos n.° 64 C - 1700 Lisboa
Telef.: 796 83 26 – Fax: 796 92 79



Universidades

IST Instituto Superior Técnico (em projecto)
UTL Universidade Técnica de Lisboa (em estudo)
UNIVERSIDADE ATLÂNTICA (instalada junto ao Taguspark)

Instituições de I&D

INESC Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (em obra)
ISQ Instituto de Soldadura e Qualidade (já instalado)

Grandes Projectos Empresariais

BCP Banco Comercial Português (já instalado)
CGD Caixa Geral de Depósitos (em estudo)
EDP Electricidade de Portugal, S.A. (em estudo)
PT Portugal Telecom, S.A. (em obra)
SIBS Sociedade Interbancária de Serviços, S.A. (em estudo)

Centro de Inovação Empresarial

Tecnologias da Informação

AXILOGA Informática e Gestão, Lda.
BASE VIRTUAL Soluções Informáticas, Lda.
BEREMIZ Microcomputadores e Serviços, Lda.
BROWSER Serviços de Internet, S.A.
CARRÉ E RIBEIRO (Karma) Informática, Lda
CITINET Consultores em Tecnologias da Informação, Lda.
CMO Gabinete de Estudos da Câmara Municipal de Oeiras
COMPUQUALI Serviços e Consultoria Informática, Lda.
CONVEX Supercomputer Portugal, Lda.
DIMENSÃO TÉCNICA Manutenção Informática, Lda.
ENGISOFT Engenharia e Software, Lda.
EURO-D Distribuição Informática, S.A.
FADO Informática e Sistemas, Lda.
HIDROMOD Modelação em Engenharia, Lda.
INTERGRAPH (Portugal) Sistemas de Computação Gráfica, S.A.
IRRADIARE Investigação e Desenvolvimento em Engenharia e Ambiente, Lda.
ITM Inovação e Tecnologia Multimédia, S.A.
LOYALTECH PORTUGAL, Sistemas de Informação, SA.
LUSODIGI Comunicações Digitais, Lda.
MELLO CRÉDITO Sociedade Financeira de Aquisições a Crédito, S.A
MELOROSA Informática, Artes Gráficas e Publicidade, Lda.
MICRO DESIGN Sucursal em Portugal
MICROGRAF Empresa de Distribuição de Microinformática e Grafismo, Lda.
MINISOFT Sistemas de Informação, Lda.
MS - DINASTRATE Dinamização Estratégica de Empresas, Lda.
NCA Núcleo de Consultores Associados, Lda.
NEOSIS Sistemas e Tecnologias da Informação, S.A.
NOVAGEO Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Lda.
NOVELL PORTUGAL Informática, Lda.
ORIGIN Portuguesa Tecnologias da Informação, Lda.
PHOENIX Marketing Portugal, Lda.
PROMOVISÃO Produções Audio-videográficas, Lda.
PYXIS Consultadoria e Formação Técnica, Lda.
QI Sistemas de Informação, Lda.
RTSN Redes Telemáticas e Sistemas Navegacionais, Lda.
SILICON GRAPHICS Portugal
SQÉDIO Design Industrial, Lda.
TERRACARTA Consultoria Geomática, Lda.
TINTA INVISÍVEL Edições Digitais, Lda.
VIRAGEM Gestão e Serviços, Lda.

Telecomunicações

ANIXTER Portugal Redes de Dados, Lda.
DÉCADA MEDIDA Instrumentação, Controle e Telecomunicações, S.A.
ENA PORTUGAL Sistemas de Telecomunicações, S.A.
EUROTELECOM Sistemas de Telecomunicações, Lda.
MORAUDIOTEL Serviço de Telecomunicações, Lda.
PORTUGAL TELECOM Laboratórios
TV CABO TEJO, SA.

Electrónica

CHIPIDEA Microelectrónica, Lda.
EQUISISTEMAS Racionalização e Sistemas, Lda.
ESPECTRAL Equipamentos de Electrónica, S.A.
ESTEC Estudos e Tecnologias da Informação, S.A.
FATRÓNICA Fabrico de Artigos Electrónicos, S.A.
M.R.A. Instrumentação para Medida, Registo e Análise, S.A.
MULTINOVE Aparelhagem Eléctrica, S.A.
NORELCO Equipamentos Eléctricos, Lda.
PAULO M. S. D. PEDRO Automação e Domótica
PRISTAL Sociedade Gestora de Participações Sociais, S.A.
ROCKWELL Automação, Lda.
SCHLUMBERGER Technologies
SENSORTEC Engenharia de Sistemas Industriais, Lda.
SEST Serviços de Engenharia e Sistemas Tecnológicos, Lda.
TECMIC Tecnologias de Microelectrónica, S.A.
TRANSFOPOR Transformadores, Lda.
UNILASER Sociedade de Prestação de Serv., Prod. Comercialização de Lasers, Lda.

Ciências e Tecnologias dos Materiais

EUROCONTROL Engenharia de Sistemas, Controlo e Equipamentos, Lda.
CONSULPAV Consultores e Projectistas de Pavimentos, Lda.

Novas Tecnologias da Produção

TECNOPROJECTO Consultadoria, Projectos e Realizações Industriais, Lda.

Energia

CPEC Companhia Portuguesa de Electricidade e Calor, Lda.
ENERSIS Energia e Sistemas, S.A.

Ambiente

ABSORSOR Engenharia Acústica, Vibração e Ambiente, Lda.
AMBISEGUR Projectos, Consultoria Auditoria e Formação em Segurança e Ambiente, S.A.
DOSAG Equipamentos de Dosagem, Lda.
ELECTROCLORO Ambiente, Lda.

Biotecnologias e Química Fina

AGROLEICO Laboratório de Análises Químicas e Bacteriológicas, Lda.
BIOTECNOL Serviços e Desenvolvimento, Lda.
ENZIFARMA Diagnóstica e Farmacêutica, Lda.
LABORTERAPIA Produtos Farmacêuticos, S.A.

Equipamentos e Serviços de Apoio

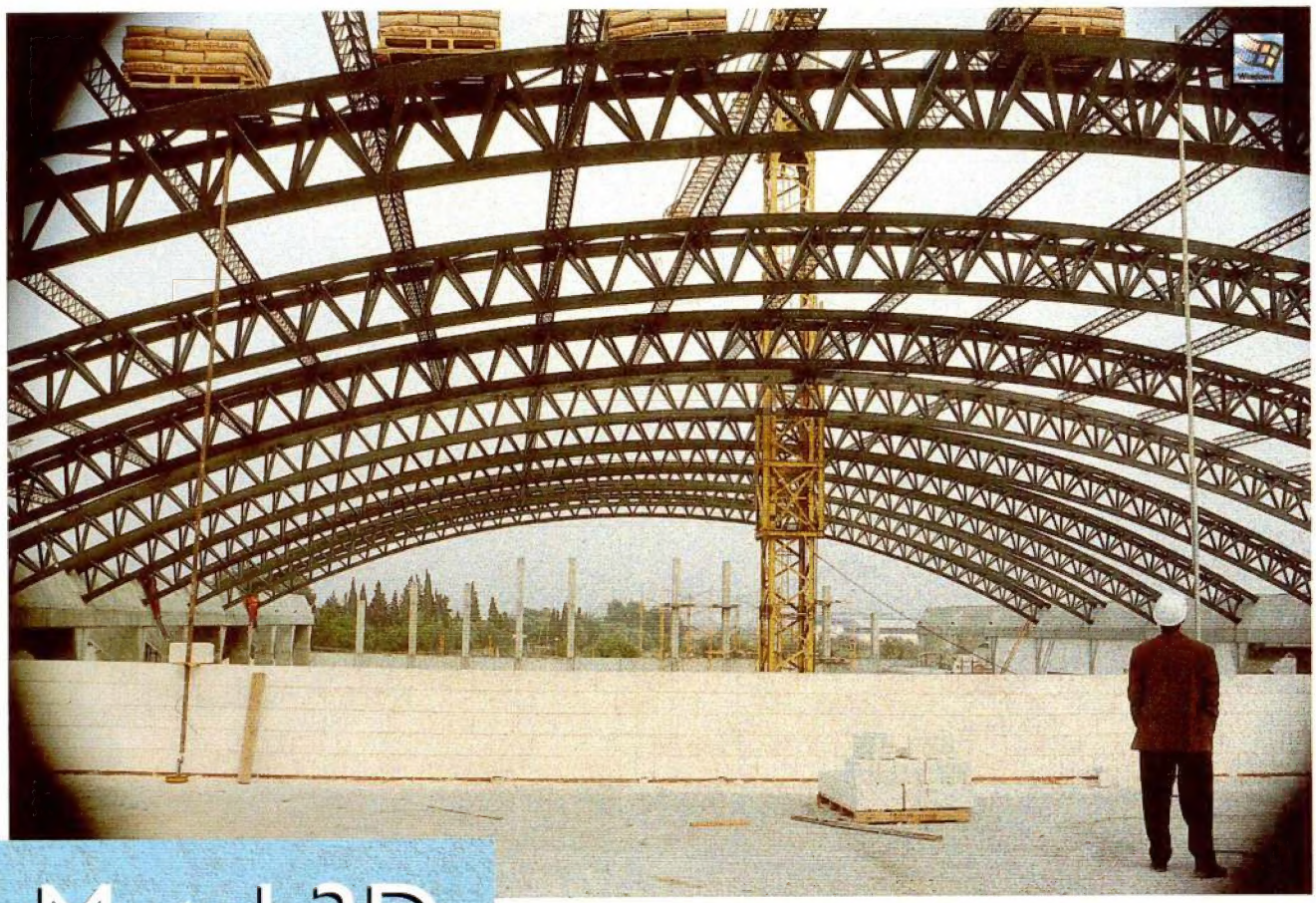
ADCT Associação para a Divulgação da Ciência e Tecnologia
CELES Sistemas de Gestão, Lda.
CENTRO DE CONGRESSOS (Auditório, Zona de Exposições e Salas de Reunião)
IGRED Internacionaliz., Gestão, Recuperação, Estratégia e Desenvolvimento da Empresa, S.A.
PESSOALGEST Cons. em Gestão de Recursos Humanos e Sistemas de Informação, Lda.
REDE LOCAL DE DADOS com ligação à Internet
RESTAURANTES E LOJAS
RETORNO Estudos de Gestão, Lda.
SERVIÇOS COMUNS (Comunicação, Secretariado, Recepção, Entregas)
SPIFF Design Interactivo, Lda.

(Julho de 1997)

Um Centro de Competências no Espaço das Sinergias em Oeiras

TAGUSPARQUE, S.A.
Taguspark - Núcleo Central, 100
2780 OEIRAS • PORTUGAL
Tel.: 422 69 31 • Fax: 422 69 36
Email: taguspark@taguspark.pt
Internet: http://www.taguspark.pt/

TAGUSPARK
PARQUE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA



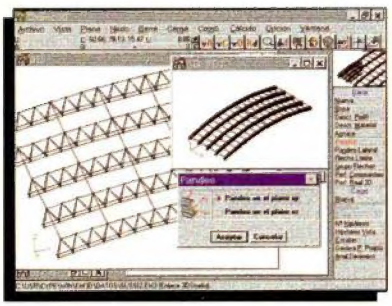
Metal 3D

Cálculo de Estruturas em 3D para Windows TM

Programa de estruturas em 3D criado pela CYPE

Um programa totalmente funcional porque foi concebido por especialistas com a tecnologia mais avançada.
Um programa compacto, potente e fácil de usar porque trabalha em ambiente Windows.
Um programa seguro, com a garantia que só um líder pode oferecer.

A solução perfeita para a engenharia mais exigente.



software original firmado

Top - Soluções de Informática, L.da
Ap. 1165 Enguardas
4710 BRAGA

Tel. (053) 615881 Fax (053) 611788
E.mail: Topce@mail.telepac.pt

CYPE

http://www.cype.com

Windows™ uma marca registada da Microsoft Corporation